

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 621.31

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: «Підвищення енергетичної ефективності житлової будівлі м. Києва з побудовою системи моніторингу витрат енергоносіїв»

Виконала: студентка VI курсу, групи ОН-81мп

_____ Панадій Єлизавета Сергіївна

(прізвище, ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Бориченко О.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студентка _____

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра електропостачання
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

« » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
*Панадій Єлизаветі Сергіївні***

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Підвищення енергетичної ефективності житлової будівлі м. Києва з побудовою системи моніторингу витрат енергоносіїв»

науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Бориченко О.В.,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «04» листопада 2019 р. № 3814 -с

2. Строк подання студентом дисертації 16 грудня 2019 року

3. Об'єкт дослідження житловий будинок за адресою місто Київ вулиця
Гарматна 37-А та Західна 10

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) дані обліку енергоресурсів; методи та заходи підвищення енергоефективності використання енергії в житловій будівлі

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- аналіз існуючих методів та підходів до підвищення енергетичної ефективності житлової будівлі;

- проведення енергетичного обстеження стану житлової будівлі, визначення показників огорожуючих конструкцій будівлі та інженерних систем;
- аналіз інженерних систем будівлі, визначення базового споживання енергії будівлі та побудова енергетичного балансу споживання енергетичних ресурсів;
- оцінка потенціалу енергоефективності будівлі та заходи з енергозбереження для житлової будівлі;
- визначення класу енергоефективності та складання енергетичного паспорту житлової будівлі;
- створення системи моніторингу витрат енергоносіїв для житлової будівлі;
- розробка стартап-проекту за результатами досліджень.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація – наочні матеріали за результатами дослідження (електричний та тепловий баланси, порівняння методик визначення класу енергоефективності житлової будівлі, процес побудови системи моніторингу витрат енергоносіїв).

7.Орієнтовний перелік публікацій:

- тези доповіді, що опубліковані в збірнику VI Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – 2019 року;
- тези доповіді, опублікована у збірнику II Науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

8.Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

ас. Прокопенко І.Д.

9.Дата видачі завдання 31 травня 2019 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	<i>Пошук матеріалу на прикладі найкращих практик</i>	<i>01.05.2019-15.05.2019</i>	<i>Виконано</i>
2	<i>Проведення візуального обстеження об'єкту дослідження</i>	<i>15.08.2019</i>	<i>Виконано</i>
3	<i>Аналіз існуючих методів та способів підвищення рівня енергетичної ефективності житлової будівлі</i>	<i>1.09.2019-15.09.2019</i>	<i>Виконано</i>
4	<i>Проведення енергетичного аудиту житлової будівлі</i>	<i>16.09.2019-15.10.2019</i>	<i>Виконано</i>
5	<i>Визначення енергоспоживання при опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні житлового будинку</i>	<i>16.10.2019-15.11.2019</i>	<i>Виконано</i>
6	<i>Розробка стартап проекту</i>	<i>16.11.2019-30.11.2019</i>	<i>Виконано</i>
7	<i>Оформлення дисертації</i>	<i>01.11.2019-5.12.2019</i>	<i>Виконано</i>
8	<i>Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування</i>	<i>30. 10.19-10.12.19</i>	<i>Виконано</i>
9	<i>Передзахист МД</i>	<i>10.12.19-15.12.19</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Захист дисертації</i>	<i>16.12.19-20.12.19</i>	<i>Виконано</i>

Студент

(підпис)

Є.С. Панадій

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

О.В. Бориченко

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяги роботи. Магістерська дисертація на тему: «Підвищення енергетичної ефективності житлової будівлі м. Києва з побудовою системи моніторингу витрат енергоносіїв» складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 137 сторінок основного тексту та 16 додатків, в тому числі 40 рисунків, 32 таблиці та 35 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Актуальність теми. У сучасному світі питання енергоефективності є актуальним як у радянських будівлях, так і в новобудовах. Адже при купівлі житла мешканцям важливо, щоб в осінньо-зимовий період клімат у приміщенні був комфортний. Недобросовісні забудовники порушують технології будівництва, бо розуміють, що штраф дешевше заплатити, аніж будувати енергоефективні споруди. Тому необхідно знати, які енергоефективні заходи можна застосувати для зменшення втрат теплоти та економії на оплаті енергоносіїв.

Для отримання результатів з енергетичних витрат необхідно виконати енергоаудит будинку. Першим кроком проводиться збір кліматичних параметрів, даних будинку, виконується розрахунок втрат енергетичних ресурсів. Енергоаудит закінчується запропонованим списком обґрунтованих заходів з підвищення рівня енергоефективності до сучасних вимог.

Метою магістерської дисертації є підвищення енергоефективності житлової будівлі з побудовою системи моніторингу витрат енергоносіїв.

Для досягнення поставленої мети дослідження були вирішені наступні завдання:

- аналіз існуючих методів та підходів до підвищення енергетичної ефективності житлової будівлі;
- проведення енергетичного обстеження стану житлової будівлі, визначення показників огорожуючих конструкцій будівлі та інженерних систем;

- аналіз інженерних систем будівлі, визначення базового споживання енергії будівлі та побудова енергетичного балансу споживання енергетичних ресурсів;
- оцінка потенціалу енергоефективності будівлі та заходи з енергозбереження для житлової будівлі;
- визначення класу енергоефективності та складання енергетичного паспорту житлової будівлі;
- створення системи моніторингу витрат енергоносіїв для житлової будівлі;
- розробка стартап-проекту за результатами досліджень.

Об'єктом дослідження є житловий будинок за адресою місто Київ вулиця Гарматна 37 А та Західна 10.

Предметом дослідження є методи та заходи підвищення енергоефективності використання енергії в житловій будівлі.

Методи дослідження. У дисертації використано теоретичні методи та експериментальні дослідження, для побудови базової лінії споживання електричної енергії за допомогою регресійного аналізу. У другому та третьому розділах магістерської дисертації використано наступне програмне забезпечення: MS Word, MS Excel, MS PowerPoint, Mathtype.

Наукова новизна одержаних результатів. Удосконалено підхід до підвищення енергоефективності житлової будівлі, який враховує визначення енергоспоживання при опаленні, охолодженні та вентиляції відповідно до ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» та створенні системи моніторингу витрат енергоносіїв відповідно до ДСТУ ISO 50006:2016 «Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова».

Практичне значення роботи. Підвищення рівня енергоефективності на практиці дозволяє подолати нераціональне використання енергетичних ресурсів та створити комфортні умови проживання.

Апробація результатів роботи відбулася на VI Міжнародній науково-технічній та навчально-методичній конференції Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – 2019 року та на II Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

Публікації: тези доповіді, що опублікована в збірнику VI Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – 2019 року та у збірнику II Науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

Ключові слова: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДИНКУ, КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПАСПОРТ, ЕНЕРГОАУДИТ, ВИТРАТИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ, ФОНДИ ФІНАНСУВАННЯ.

ABSTRACT

Structure and scope of work. Master's thesis on "Improving the energy efficiency of a residential building in Kyiv with the construction of a system for monitoring energy costs" consists of an introduction, 4 sections, conclusions and a list of sources used. The total volume of work consists of 137 pages of main body of text and 16 appendices, including 40 figures, 32 tables and 35 bibliographic titles by reference list.

Actuality of theme. In today's world, the issue of energy efficiency is relevant in both Soviet buildings and new buildings. After all, when buying a home, it is important for residents to have a comfortable indoor climate in the fall and winter. Unscrupulous developers are disrupting construction technology because they understand that it is cheaper to pay a fine than to build energy efficient buildings. Therefore, it is important to know what energy-efficient measures can be applied to reduce heat loss and save energy.

To get results on energy costs, you need to perform a home energy audit. The first step is the collection of climatic parameters, data of the house, the calculation of losses of energy resources. The Energy Audit concludes with the proposed list of reasonable measures to improve energy efficiency up to date.

The purpose of the master's thesis is to increase the energy efficiency of a residential building by building a system for monitoring energy costs.

To accomplish this goal, the following tasks were solved:

- analysis of existing methods and approaches to improving the energy efficiency of a residential building;
- conducting an energy survey of the condition of a residential building, determining the indicators of the building's enclosing structures and engineering systems;
- analysis of engineering systems of the building, determination of basic energy consumption of the building and construction of energy balance of consumption of energy resources;

- assessment of the building's energy efficiency potential and energy conservation measures for the residential building;
- definition of energy efficiency class and drawing up of energy passport of a residential building;
- exploring the possibility of attracting investments from different sources of financing for the implementation of the proposed energy saving measures for the residential building;
- development of a startup project based on research results.

The object of the research is a residential building at Garmatna Street 37 and Zakhydna10.

The subject of the study study is methods and measures to improve energy efficiency of energy use in a residential building.

Research methods. The thesis uses theoretical methods and experimental studies to construct a baseline of electricity consumption by means of regression analysis. The second and third sections of the master's thesis use the following software: MS Word, MS Excel, MS PowerPoint, Mathtype.

The scientific novelty of the obtained results. Improved approach to improving the energy efficiency of a residential building, which takes into account the definition of energy consumption in heating, cooling and ventilation in accordance with DSTU B A.2.2-12: 2015 "Energy efficiency of buildings. Method of calculation of energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply" and creation of a system for monitoring energy consumption in accordance with DSTU ISO 50006:2016 "Energy management systems. Measurement of achieved/achievable energy efficiency using baseline energy consumption and energy efficiency indicators. General Terms and Conditions".

Practical value of work. Improving energy efficiency in practice makes it possible to overcome wasteful use of energy resources and create comfortable living conditions.

Approval of the results of work were tested at the 6th International Scientific and Technical and Educational-Methodological Conference the state and prospects of development - 2019 and at the II Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates (based on the results of the undergraduate dissertation research).

Publications: abstracts published in the collection of the VI International Scientific and Technical and Educational-Methodological Conference Energy Management: Status and Prospects for Development - 2019 and in the Collection of the II Scientific and Technical Conference of the IEE Undergraduate Students (based on the results of the dissertations of the undergraduates).

Keywords: BUILDING ENERGY EFFICIENCY, ENERGY EFFICIENCY CLASS, ENERGY PASSPORT, ENERGY AUDIT, ENERGY RESOURCES EXPENDITURE, FINANCIAL FUNDS.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	14
ВСТУП.....	15
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ.....	18
1.1 Методики розрахунку класу енергоефективності, витрат енергетичних ресурсів житлової будівлі.....	18
1.1.1 Методика визначення енергетичної ефективності житлових та громадських будівель.....	18
1.1.2 Розрахунок річних витрат теплоти на потреби споживачів.....	24
1.1.3 Розрахунок тепловтрат житлової будівлі.....	26
1.2 Методи підвищення енергетичної ефективності будівлі.....	29
1.3 Фонди фінансування заходів енергоефективності в житлово-комунальному секторі.....	31
1.4 Система моніторингу витрат енергоносіїв.....	36
Висновки до розділу	40
2 ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ.....	41
2.1 Загальна характеристика житлової будівлі та опис методики проведення енергоаудиту.....	41
2.2 Аналіз енергоефективності житлової будівлі.....	49
2.3 Розроблення заходів з енергоефективності.....	70
2.3.1 Попередня діяльність, пов'язана з енергоефективністю.....	70
2.3.2 Заходи з енергоефективності	70
2.4 Побудова системи моніторингу витрат енергоносіїв відповідно до ДСТУ ISO 50006:2016.....	81
Висновки до розділу	89

3	ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОПАЛЕННІ, ОХОЛОДЖЕННІ ТА ГАРЯЧОМУ ВОДОПОСТАЧАННІ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ.....	90
3.1	Розрахунок характеристик теплопередачі, теплонадходжень та динамічних параметрів.....	90
3.1.1	Розрахунок теплопередачі трансмісії.....	90
3.1.2	Розрахунок теплопередачі вентиляцією.....	92
3.1.3	Розрахунок внутрішніх теплонадходжень.....	93
3.1.4	Розрахунок сонячних теплонадходжень.....	94
3.1.5	Розрахунок динамічних параметрів.....	97
3.2	Розрахунок енергоспоживання при опаленні.....	100
3.2.1	Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі/виділення.....	100
3.2.2	Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми розподілення.....	102
3.2.3	Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми виробництва/генерування теплоти.....	106
3.2.4	Загальне енергоспоживання при опаленні.....	107
3.3	Розрахунок енергоспоживання систем вентиляції.....	108
3.4	Розрахунок енергопотреби та енергоспоживання ГВП.....	108
3.5	Розрахунок енергоспоживання при освітленні.....	114
3.6	Визначення класу енергетичної ефективності будівлі за питомою енергопотребою.....	115
3.7	Визначення класу енергетичної ефективності будівлі за питомим енергоспоживанням.....	116
	Висновки до розділу.....	117
4	РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	118
4.1	Стадії розвитку та етапи розроблення стартап-проекту.....	118

4.2 Опис ідеї проекту та визначення загального напрямку використання.....	119
4.3 Технологічний аудит ідеї проекту.....	121
4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	122
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	129
Висновки до розділу.....	131
ВИСНОВКИ.....	132
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	133
Додаток А. Довідкові дані.....	138
Додаток Б. Фонди фінансування.....	140
Додаток В. Споживання та тарифи енергетичних ресурсів.....	142
Додаток Г. Електричний баланс житлової будівлі.....	146
Додаток Д. Критичні значення для критерію Стьюдента.....	149
Додаток Е. Результати регресійного аналізу для 2018 року.....	150
Додаток Ж. Схема теплопостачання житлової будівлі.....	151
Додаток И. Однолінійна електрична схема електропостачання житлової будівлі.....	152
Додаток К. Планування грошових потоків енергозберігаючого проекту.....	153
Додаток Л. Результати регресійного аналізу для 2019 року.....	163
Додаток М. Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і сонячних теплонадходжень	165
Додаток Н. Елементи сонячних теплонадходжень	167
Додаток П. Розрахунок енергоспоживання при опаленні.....	168
Додаток Р. Енергоспоживання будівлі	170
Додаток С. Енергетичний сертифікат житлової будівлі за енергопотребою..	172
Додаток Т. Енергетичний сертифікат житлової будівлі за енергоспоживанням.....	176

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

У магістерській дисертації застосовано такі позначки та скорочення:

ГВП – гаряче водопостачання;

ДБН – Державні будівельні норми;

ДСТУ – Державна система стандартизації України;

ЕА – енергетичний аудит;

ЕЕ – енергетична ефективність;

ЗЕЕ – заходи з енергоефективності;

ІТП – індивідуальний тепловий пункт;

кВт·год – кіловат-година;

ОСББ - об'єднання співвласників багатоквартирних будинків;

ОВКП – опалення, вентиляція, кондиціювання повітря;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

ПДВ – податок на додану вартість;

NPV – чиста приведена вартість;

IRR – внутрішня норма рентабельності.

ВСТУП

Структура і обсяги роботи. Магістерська дисертація на тему: «Підвищення енергетичної ефективності житлової будівлі м. Києва з побудовою системи моніторингу витрат енергоносіїв» складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 137 сторінок основного тексту та 16 додатків, в тому числі 40 рисунків, 32 таблиці та 35 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Актуальність теми. У сучасному світі питання енергоефективності є актуальним як у радянських будівлях, так і в новобудовах. Адже при купівлі житла мешканцям важливо, щоб в осінньо-зимовий період клімат у приміщенні був комфортний. Недобросовісні забудовники порушують технології будівництва, бо розуміють, що штраф дешевше заплатити, аніж будувати енергоефективні споруди. Тому необхідно знати, які енергоефективні заходи можна застосувати для зменшення втрат теплоти та економії на оплаті енергоносіїв.

Для отримання результатів з енергетичних витрат необхідно виконати енергоаудит будинку. Першим кроком проводиться збір кліматичних параметрів, даних будинку, виконується розрахунок втрат енергетичних ресурсів. Енергоаудит закінчується запропонованим списком обґрунтованих заходів з підвищення рівня енергоефективності до сучасних вимог.

Метою магістерської дисертації є підвищення енергоефективності житлової будівлі з побудовою системи моніторингу витрат енергоносіїв.

Для досягнення поставленої мети дослідження були вирішені наступні завдання:

- аналіз існуючих методів та підходів до підвищення енергетичної ефективності житлової будівлі;
- проведення енергетичного обстеження стану житлової будівлі, визначення показників огорожуючих конструкцій будівлі та інженерних систем;
- аналіз інженерних систем будівлі, визначення базового споживання

енергії будівлі та побудова енергетичного балансу споживання енергетичних ресурсів;

- оцінка потенціалу енергоефективності будівлі та заходи з енергозбереження для житлової будівлі;
- визначення класу енергоефективності та складання енергетичного паспорту житлової будівлі;
- створення системи моніторингу витрат енергоносіїв для житлової будівлі;
- розробка стартап-проекту за результатами досліджень.

Об'єктом дослідження є житловий будинок за адресою місто Київ вулиця Гарматна 37 А та Західна 10.

Предметом дослідження є методи та заходи підвищення енергоефективності використання енергії в житловій будівлі.

Методи дослідження. У дисертації використано теоретичні методи та експериментальні дослідження, для побудови базової лінії споживання електричної енергії за допомогою регресійного аналізу. У другому та третьому розділах магістерської дисертації використано наступне програмне забезпечення: MS Word, MS Excel, MS PowerPoint, Mathtype.

Наукова новизна одержаних результатів. Удосконалено підхід до підвищення енергоефективності житлової будівлі, який враховує визначення енергоспоживання при опаленні, охолодженні та вентиляції відповідно до ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» та створенні системи моніторингу витрат енергоносіїв відповідно до ДСТУ ISO 50006:2016 «Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова».

Практичне значення роботи. Підвищення рівня енергоефективності на практиці дозволяє подолати нераціональне використання енергетичних ресурсів та створити комфортні умови проживання.

Апробація результатів роботи відбулася на VI Міжнародній науково-технічній та навчально-методичній конференції Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – 2019 року та на II Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

Публікації: тези-доповіді, що опублікована в збірнику VI Міжнародної Науково-технічної та навчально-методичної конференції Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – 2019 року та у збірнику II науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

1.1 Методики розрахунку класу енергоефективності, витрат енергетичних ресурсів житлової будівлі

Клас енергетичної ефективності будівлі – розрахунковий рівень енергетичної ефективності будівлі або її відокремлених частин, визначений за інтервалом значень показників енергетичної ефективності, що встановлюються відповідно до вимог законодавства з урахуванням гармонізованих стандартів Європейського Союзу у сфері енергетичної ефективності будівель [1].

Відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» обов'язковою для об'єктів будівництва, які відносяться до класу наслідків СС2 та СС3; для будівель з опалювальною площею більше 250 м², у яких розташовані органи місцевого самоврядування та органи державної влади та для забудов, у яких проводиться термомодернізація за рахунок державної підтримки є сертифікація енергетичної ефективності.

На рисунку 1.1 наведений алгоритм складання енергопаспорту, якого слід дотримуватися при проведенні енергоаудиту.

1.1.1 Методика визначення енергетичної ефективності житлових та громадських будівель

Згідно з [2] показник енергоефективності будівель EP повинен визначатися за умовою:

$$EP \leq EP_{max}, \quad (1.1)$$

де EP – розрахункова або фактична питома річна енергопотреба в будівлі, яка для житлових будівель визначається як:

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f, \quad (1.2)$$

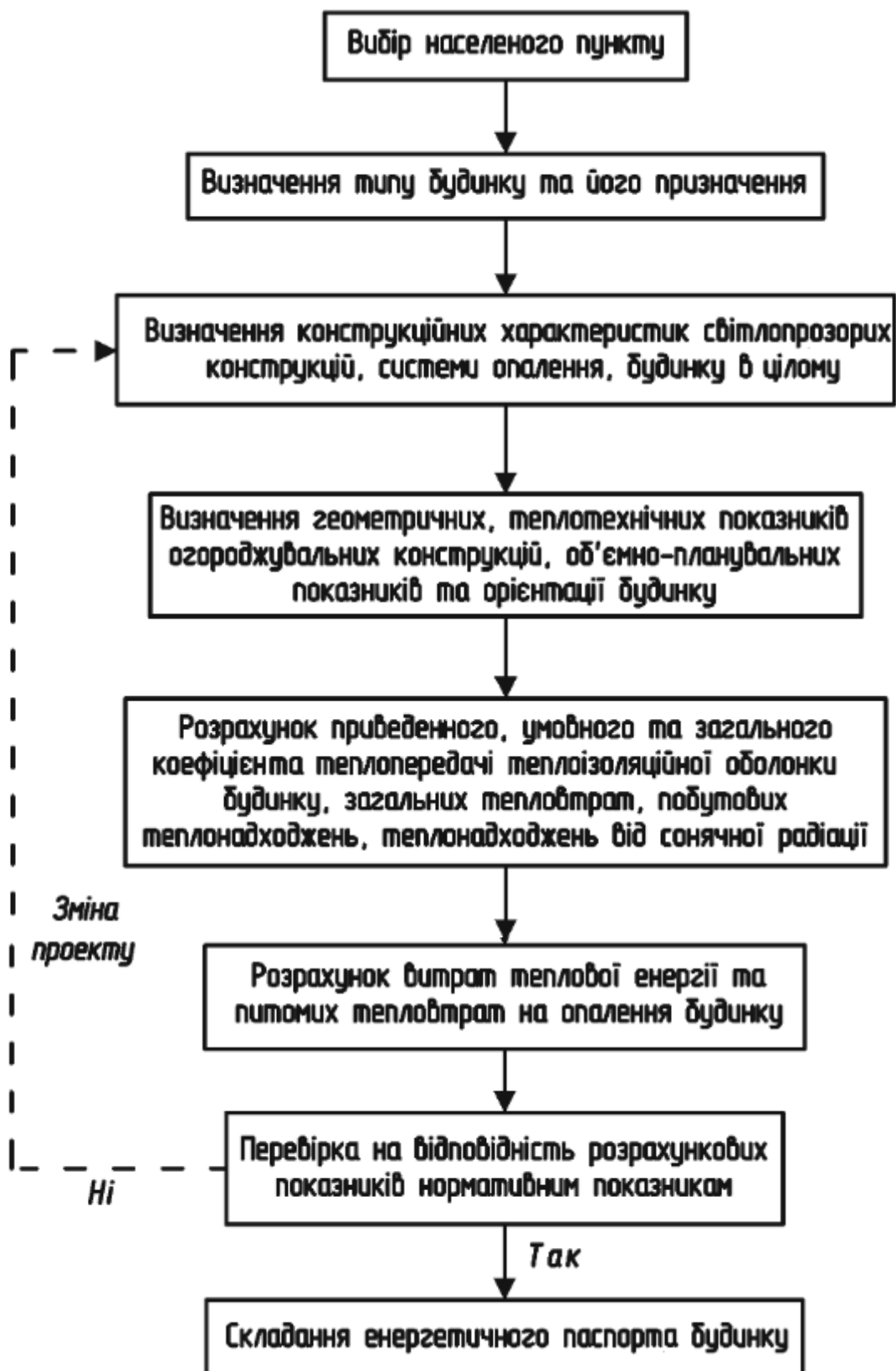


Рисунок 1.1 – Алгоритм визначення розрахункових параметрів та складання енергетичного паспорта [3]

де $Q_{H,nd}, Q_{C,nd}, Q_{DHW,nd}$ - річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання відповідно, кВт·год, що визначається згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

A_f - кондиціонована (опалювальна) площа для житлової будівлі, m^2 , що визначається згідно з ДСТУ Б EN ISO 13790;

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі, кВт·год/ m^2 або кВт·год/ m^3 , що встановлюють згідно з таблицею А1. додатку А.

Для будівель, що підлягають термомодернізації, допускається приймати збільшені значення максимальної річної питомої енергопотреби з коефіцієнтом 1-1,25 до EP_{max} .

Клас енергетичної ефективності встановлюють відповідно до таблиці А.2 додатку А.

Клас енергоефективності для будинків, що проектуються має бути не нижче за «С».

Розглянемо спрощену процедуру визначення класу енергетичної ефективності будівель згідно з [4]. Для цього, по-перше, необхідно визначити тип будівлі, вибрати контрольні показники R_r та R_s , розрахувати значення енергетичної ефективності будівлі EP . Контрольні показники визначаються для типів будівель, що мають різні функціональні призначення. Використовують такі контрольні показники:

- R_r : контрольний показник норми енергетичної ефективності, вимог до будівельних норм та правил енергетичної ефективності новобудов;

- R_s : контрольний показник для будівельного фонду, відповідає енергетичній ефективності, що досягається приблизно 50 % національного або регіонального будівельного фонду (середнє значення), що приймається відповідно доданого стандарту.

Клас ефективності визначають за правилами відповідно до таблиці А.3 додатку А.

Енергетична ефективність будівлі представлена загальним показником EP :

$$EP \leq EP_r, \quad (1.3)$$

де EP – загальний показник енергетичної ефективності;

EP_r – граничне значення.

У випадку, коли одна й та сама будівля може використовуватися для різних функцій, відповідно й витрати енергії між цими частинами будівель можуть суттєво відрізнятися й до них застосовуються різні вимоги по енергоефективності ($EP_{r,k}$). У такому випадку прийнято визначати ці вимоги для будівлі в цілому з урахуванням її призначення, з використанням формули [4]:

$$EP_r = \frac{\sum_{k=1}^n A_{C,k} \cdot EP_{r,k}}{A_C}, \quad (1.4)$$

де k – представляє функції будівлі: $k = 1, 2, \dots, n$; A_C - кондиціонована площа приміщення, що зазвичай використовується більш ніж за одним функціональним призначенням будівлі, повинна пропорційно ділитися між кондиціонованими площами цих функціональних призначень будівлі.

Алгоритм визначення класу енергетичної ефективності будівель в Україні наведений на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Алгоритм визначення класу енергетичної ефективності за методологією Дисплей [5]

До процедури сертифікації відносять наступні складові [4]:

- зміст процедури енергетичної сертифікації будівель;
- зміст енергетичного сертифікату;
- параметри для вибору загального показника енергетичної ефективності *EP*, який використовується для процедури енергетичної сертифікації будівлі;
- опис шкали ефективності;
- опис типів рекомендацій, які будуть включені до енергетичного сертифіката;
- процедура оформлення документації енергетичної сертифікації будівлі;
- процедура класифікації будівель за рівнем енергетичної ефективності;
- формат енергетичного сертифікату.

Процедура сертифікації для багатоквартирного будинку проводиться на замовлення та за рахунок власника будинку, житлово-будівельного кооперативу, об'єднання співвласників багатоквартирного будинку, управителя багатоквартирного будинку. За результатами виконаної роботи енергоаудитора складається енергетичний сертифікат, у якому зазначена інформація стосовно класу та інших показників енергоефективності будівлі. Даний документ має бути розміщений у доступному місці для мешканців будинку.

У енергетичному сертифікаті зазначаються [1]:

- 1) адреса будівлі;
- 2) клас енергетичної ефективності будівлі;
- 3) відомості про функціональне призначення та конструкцію будівлі, кількість поверхів, об'єм та загальну площу;
- 4) мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівлі;
- 5) фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій та інженерних систем будівлі;
- 6) фактичне питоме енергоспоживання будівлі (крім об'єктів нового будівництва);

7) рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівлі (крім об'єктів будівництва) в економічно доцільний спосіб, які враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими та в яких зазначаються заходи, які необхідно здійснити для реалізації таких рекомендацій;

8) серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора, який склав енергетичний сертифікат;

9) інформація про рівень викидів парникових газів;

10) інформація про можливість отримання більш детальних відомостей, зазначених у сертифікаті, включаючи інформацію про економічну ефективність викладених у такому сертифікаті рекомендацій щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель та/або їх відокремлених частин.

Зразок енергетичного сертифікату зображено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Зразок сертифікату енергоефективності будівлі

Енергетичний сертифікат будівлі має термін дії 10 років. У разі, якщо було створено новий сертифікат, старий автоматично вважається таким, що втратив чинність.

1.1.2 Розрахунок річних витрат теплоти на потреби споживачів

Річні витрати складаються із витрат на опалення житлових та громадських будинків ($Q_{\text{річ}}^o$), вентиляції громадських будинків ($Q_{\text{річ}}^g$) та гаряче водопостачання житлових та громадських будинків ($Q_{\text{річ}}^{\text{ГВП}}$). Отже, кількість необхідної теплоти на всі види тепловикористання визначається [6]:

$$Q_{\text{вир}}^{\text{річ}} = Q_o^{\text{річ}} + Q_B^{\text{річ}} + Q_{\text{ГВП}}^{\text{річ}}, \text{ГДж/рік} \quad (1.5)$$

Витрати теплоти на окремі види теплопостачання визначаються:

- на опалення:

$$Q_o^{\text{річ}} = 3600 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{o.\text{max}}^{\text{ж+гр}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.оп}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}} \cdot n_{\text{оп}}, \text{ГДж/рік}, \quad (1.6)$$

де $Q_{o.\text{max}}^{\text{ж+гр}}$ - максимальний тепловий потік на опалення житлових та громадських будинків, МВт;

$t_{\text{ср.оп}}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період визначається за таблицею А.4 додатку А;

$n_{\text{оп}}$ - тривалість опалювального періоду, кількість діб, визначається за таблицею А.4 додатку А;

$t_{\text{р.о}}$ - розрахункова температура на опалення, визначається за таблицею А.4 додатку А.

— на вентиляцію:

$$Q_B^{\text{річ}} = 3600 \cdot Z \cdot 10^{-3} \cdot Q_{B.\text{max}}^{\text{гр}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.оп}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}} \cdot n_{\text{оп}}, \text{ГДж/рік}, \quad (1.7)$$

де Z – тривалість роботи системи вентиляції за добу, яка може бути прийнятою $Z = 16$ год/добу;

$Q_{B.\text{max}}^{\text{гр}}$ – максимальний тепловий потік на вентиляцію громадських будинків;

$t_{\text{р.в}}$ – розрахункова температура на вентиляцію, визначається за таблицею А.4 додатку А.

- на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{річ}} = 3600 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot \left[Q_{\text{ГВП max}}^{\text{оп}} \cdot n_{\text{оп}} + Q_{\text{ГВ.ср}}^{\text{л}} (350 - n_{\text{оп}}) \right], \text{ГДж/рік}, \quad (1.8)$$

де $Q_{\text{ГВ.max}}^{\text{оп}}, Q_{\text{ГВ.ср}}^{\text{л}}$ - середні теплові потоки відповідно в опалювальний і літній періоди, МВт;

350 – планова тривалість подачі гарячої води споживачам протягом року, доби.

$$Q_{\text{o.max}} = q_o \cdot A \cdot (1 + K_1) \cdot 10^{-6}, \text{МВт}, \quad (1.9)$$

де A - загальна площа житлових приміщень, визначається як:

$$A = F \cdot \Pi, \text{м}^2, \quad (1.10)$$

де F – площа житлових будинків, визначається прямим вимірюванням масштабу, Га;

Π – густина забудови з панівною поверховістю будинків, $\text{м}^2/\text{Га}$, яка може бути визначена за даними ДБН 360-92 «Містобудування. Планування і забудова міських поселень».

q_o - укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1м^2 загальної площі житлових приміщень, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

K_1 – коефіцієнт, що враховує максимальний потік на опалення громадських споруд.

При відсутності даних про конкретне призначення та кількість громадських споруд, приймають $K_1 = 0,25$.

Максимальний тепловий потік на вентиляцію громадських будівель визначається за формулою:

$$Q_{\text{вmax}} = K_2 \cdot Q_{\text{o.max}} = K_1 \cdot K_2 \cdot Q_{\text{o.max}}, \quad (1.11)$$

Так як у даних споживачів не передбачено застосування теплової вентиляції, $Q_{\text{вmax}}^6 = 0$ МВт.

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських будівель рекомендовано визначити згідно з формулою:

$$Q_{\text{max}}^{\text{ГВП}} = 2,4 \cdot Q_{\text{ср}}^{\text{ГВП}}, \text{МВт}, \quad (1.12)$$

де $Q_{\text{сер}}^{\text{ГВП}}$ – середній тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських будинків, МВт, який визначається за нормами використання гарячої води мешканцям будинку та їх кількістю, МВт.

2,4 – середнє значення коефіцієнта погодинної нерівномірності використання гарячої води мешканцями будинків.

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання за опалювальний період визначається за формулою:

$$Q_{\text{сер}}^{\text{ГВП}} = \frac{1,2 \cdot c \cdot N \cdot (g + b) \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{х}})}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}, \quad (1.13)$$

де 1,2 – коефіцієнт, що враховує витрати теплоти у нетеплоізованих внутрішніх трубопроводах системи гарячого водопостачання;

$c = 4,185$ кДж/(кг[°]С) – питома теплоємність води;

g – норма витрат гарячої води у житлових будинках на одного чоловіка за добу, приймається 105 л/чол.-діб;

b – норма витрат гарячої води однією людиною на добу у житлових будинках, які обладнані ванною, довжина 1500...1700 мм, душем та двома кранами, приймається 25 л/чол.-діб;

$t_{\text{г}}$ – розрахункова температура гарячої води, приймається +55[°]С;

$t_{\text{х}}$ – розрахункова температура холодної (водопровідної) води, приймається узимку +5[°]С, влітку – +15[°]С.

1.1.3 Розрахунок тепловтрат житлової будівлі

Через зовнішні конструкції будинку (стіни, вікна, двері, дах, підлогу) і на нагрівання повітря, що інфільтрується відбуваються тепловтрати. Якщо різниця температур між приміщеннями через внутрішні огороження не перевищує 3[°]С, то розрахунком тепловтрат можна знехтувати.

Тепловтрати, Вт, через огорожувальні конструкції розраховують за формулою:

$$Q_{\text{огор}} = F(t_{\text{вн}} - t_{\text{з}}^{\text{в}})(1 + \sum \beta)n / R_o,$$

де F - розрахункова площа огорожувальної конструкції, м^2 ;

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура повітря в приміщенні, $^{\circ}\text{C}$;

$t_3^{\text{Б}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

β – додаткові тепловтрати, в частках від основних втрат;

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні захищення по відношенню до зовнішнього повітря;

R_o – опір теплопередачі ($\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)/Вт, що визначається за формулою:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \left(\frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) + \frac{1}{\alpha_3} + R_{\text{п.п.}},$$

де $\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні захищення, Вт/($\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$);

δ_i і λ_i – товщина шару і розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару конструкції;

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні захищення, Вт/($\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$);

$R_{\text{п.п.}}$ – термічний опір закритого повітряного прошарку (при наявності його в конструкції), ($\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)/Вт.

Витрата теплоти Q_i на підігрів зовнішнього повітря, що надходить в i -е приміщення внаслідок роботи природної витяжної вентиляції:

$$Q_i = 0,28 \cdot L \cdot \rho_3 \cdot c \cdot (t_{\text{вн}} - t_3)$$

де L – витрата видаляемого повітря, $\text{м}^3/\text{год}$, що приймається для житлових будівель 3 $\text{м}^3/\text{год}$ на 1 м^2 площі житлових приміщень і кухні;

ρ_3 – густина зовнішнього повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

c – питома теплоємність повітря, рівна 1 кДж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$).

Питома вага γ , Н/ м^3 і густина повітря ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$, можуть бути визначені за формулами:

$$\gamma = 3463 / (273 + t),$$

$$\rho = \gamma / g,$$

де t – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$; $g = 9,8 \text{ м}/\text{с}^2$.

Витрата тепла Q_i на підігрів зовнішнього повітря, що проникає в приміщення через нещільність огорожень внаслідок теплового і вітрового тисків, визначається:

$$Q_i = 0,28 \cdot G_i \cdot c \cdot (t_{\text{вн}} - t_3) \cdot k,$$

де G_i – витрата інфільтрованого повітря, кг/год, через огорожувальні конструкції;

k – коефіцієнт, що враховує зустрічний тепловий потік, що приймається для вікон та балконних дверей з роздільними стулками рівним 0,8, для одинарних вікон і вікон зі спареними стулками – 1,0.

Для вікон та балконних дверей величину G_i , кг/год, визначають як

$$G_i = 0,216 \cdot \Sigma F \cdot \Delta P_i^{0,67} / R_u,$$

де ΔP_i – різниця тисків повітря, Па, на зовнішній P_z і внутрішній поверхнях $P_{\text{вн}}$ вікон чи дверей;

ΣF – розрахункові площі захищень, м²;

R_u – опір повітропроникненню захищення, (м²·год)/кг. В панельних будівлях, крім того, визначають додаткові витрати інфільтрованого повітря через стики панелей.

Різницю тисків повітря ΔP_i , Па, визначають з рівності:

$$\Delta P_i = (H - h_i) \cdot (\gamma_z - \gamma_{\text{вн}}) + 0,5 \cdot \rho_z \cdot V^2 \cdot (c_{e,n} - c_{e,p}) \cdot k_l - p_{\text{int}},$$

де H – висота будівлі, м, від рівня землі до гирла вентиляційної шахти (в безгорищних будівлях гирло шахти розташовують на 1 м вище покрівлі, в будинках з горищем на 4-5 м вище верху горищного перекриття);
 h_i – відстань, м, від рівня землі до верху вікон або балконних дверей, для яких визначається витрата повітря;

$\gamma_z, \gamma_{\text{вн}}$ – питомі маси внутрішнього і зовнішнього повітря;

V – розрахункова швидкість вітру, м/с;

$c_{e,n}$ і $c_{e,p}$ – аеродинамічні коефіцієнти будівлі відповідно для навітряної та підвітряної поверхонь. Для будівлі прямокутної форми $c_{e,n} = 0,8$, $c_{e,p} = -0,6$;

k_l – коефіцієнт, що враховує облік зміни швидкісного напору вітру в залежності від висоти будівлі;

p_{int} – умовно-постійний тиск повітря, Па, що виникає при роботі вентиляції зі штучним побудженням, для житлових будівель $p_{int} = 0$.

Коефіцієнт k_l приймається при висоті захищення над поверхнею землі до 5,0 м рівним 0,5, при висоті до 10 м – 0,65, до 20 м – 0,85, більше 20 м – 1,1.

Розрахункові тепловтрати приміщення, Вт,

$$Q_{розр} = \Sigma Q_{зах} + Q_{інф} - Q_{побут},$$

де $\Sigma Q_{зах}$ – сумарні тепловтрати через захищення приміщення;
 $Q_{інф}$ – найбільша витрата теплоти на підігрів інфільтрованого повітря з розрахунків за формулами;

$Q_{побут}$ – побутові тепловиділення від електричних приладів, освітлення та інших джерел тепла, що приймаються для житлових приміщень і кухонь у розмірі 21 т на 1 м² площі підлоги.

1.2 Методи підвищення енергетичної ефективності будівлі

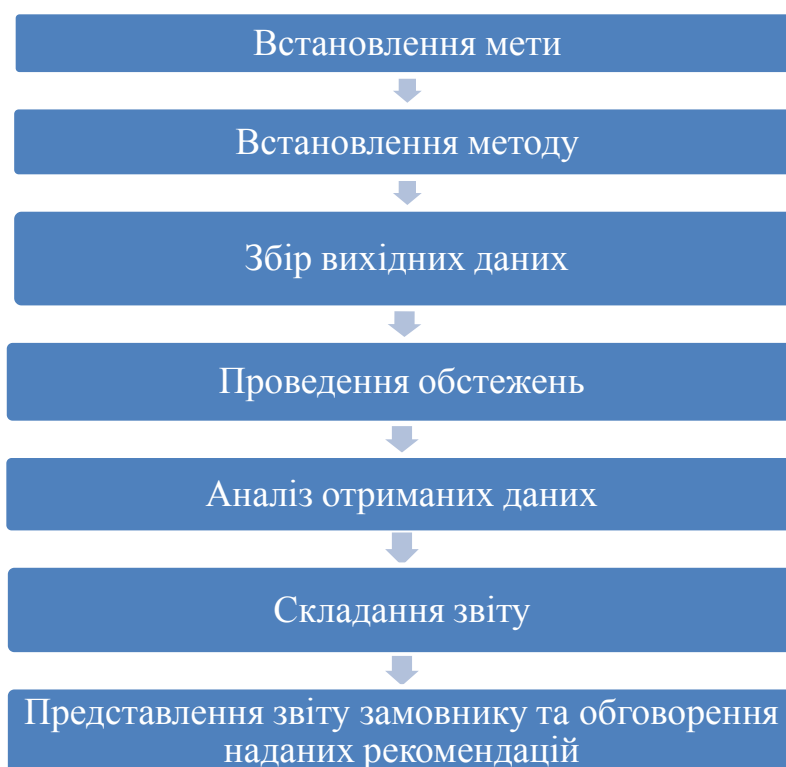


Рисунок 1.4 - Алгоритм проведення енергетичного аудиту [7]

Енергетичний аудит будівлі здійснюється за двома методологічними принципами – розрахунковим та вимірювальним [8], зображеними на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Методи проведення енергетичного аудиту

Розрахунковий метод за проектними даними використовується для будівель, що здаються в експлуатацію і які мають документацію з авторського нагляду, яка підтверджує повну відповідність будівельних робіт проектним рішенням [7].

Розрахунковий метод за проектними даними та результатами технічних обстежень використовується для будівель, що експлуатуються, і для будівель, що здаються в експлуатацію, які не мають проектної документації у необхідному обсязі та документації з авторського нагляду, що підтверджує відповідність будівельних робіт проектним рішенням [7].

Розрахунково-вимірювальний метод використовується для будівель, що експлуатуються, і для будівель, що здаються в експлуатацію, для визначення і проведення детального аналізу фактичних енергетичних та теплотехнічних показників будівель, розроблення обґрунтованих результатами інструментальних теплових вимірювань енергозберігаючих заходів [7].

Вимірювальний (експлуатаційний) метод використовується для визначення фактичного енергоспоживання будівлі, що експлуатується. Цей метод дає можливість одержання найбільш об'єктивної та достовірної інформації щодо теплоізоляційних показників огорожувальних конструкцій, характеристик інженерного обладнання та рівня енергоспоживання досліджуваної будівлі [7].

Стимулювання та сприяння підвищенню рівня енергетичної ефективності будівель може забезпечуватися шляхом [1]:

- 1) здійснення обстеження інженерних систем та запровадження незалежного моніторингу звітів про результати таких обстежень;
- 2) здійснення сертифікації енергетичної ефективності та запровадження незалежного моніторингу енергетичних сертифікатів.

Енергетична ефективність будівель може забезпечуватися шляхом:

- 1) підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель;
- 2) встановлення засобів обліку (в тому числі засобів диференційного (погодинного) обліку споживання електричної енергії) та регулювання споживання енергетичних ресурсів;
- 3) упровадження автоматизованих систем моніторингу і управління інженерними системами;
- 4) підвищення енергетичної ефективності інженерних систем будівлі;
- 5) використання відновлюваних та/або альтернативних джерел енергії та/або видів палива (з використанням інженерних систем будівлі);
- 6) застосування систем акумуляційного електронагріву в години мінімального навантаження електричної мережі;
- 7) здійснення інших заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель.

1.3 Фонди фінансування заходів енергоефективності в житлово-комунальному секторі

Фінансування заходів із забезпечення енергетичної ефективності будівель здійснюється за рахунок власників будівель, коштів державного і місцевих

бюджетів, а також на засадах державно-приватного партнерства або енергосервісу [1].

Державна підтримка заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель може здійснюватися шляхом [1]:

- 1) бюджетних інвестиційних асигнувань;
- 2) здешевлення кредитів на здійснення заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель (відшкодування відсотків за кредитами та/або частини суми кредиту);
- 3) відшкодування частини вартості заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель;
- 4) пільгового кредитування;
- 5) надання державних та місцевих гарантій за кредитами;
- 6) провадження стимулюючого тарифо- та ціноутворення на комунальні послуги та енергію;
- 7) здійснення державно-приватного партнерства;
- 8) запровадження механізмів стимулювання одержувачів соціальної допомоги, субсидій на оплату житлово-комунальних послуг до здійснення заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель;
- 9) інших форм фінансування, передбачених законодавством.

Пріоритетними напрямками надання державної підтримки здійсненню заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель є:

- 1) проведення термомодернізації будівель;
- 2) упровадження автоматизованих систем моніторингу і управління інженерними системами будівель;
- 3) реконструкція та модернізація систем опалення (із встановленням обладнання для автоматичного регулювання температури теплоносія залежно від погодних умов та обладнання для автоматичного регулювання температури повітря у приміщеннях);
- 4) встановлення у будівлях автономних систем з використанням:

- а) повністю або частково відновлюваних джерел енергії;
- б) теплових насосів;
- в) когенераційних установок;
- г) систем акумуляційного електроопалення.

В Україні існує ряд проблем, пов'язаних з отриманням фінансування, а саме [9]:

- недостатність державного фінансування для поліпшення комунальної інфраструктури;
- комерційні банки: нерозуміння ризиків комунальних підприємств та високі кредитні ставки;
- проблеми з гарантіями та поверненням інвестицій;
- проблеми міських запозичень для комунальних проектів;
- наслідки фінансової кризи та обмеженість наявного іноземного капіталу;
- проблеми гарантування постійних доходів для обслуговування позик.

Проте ОСББ для енергоефективних проектів може використовувати кредитне фінансування, енергосервісні компанії, схеми Demand-Side-Management або ж будь-які інші види фінансування у форматі Кіотського Протоколу, грантів, або у формі Публічно-Приватного Партнерства.

ЕСКО-контракт - це реалізація заходів з енергозбереження інвестором в багатоквартирному будинку за власні кошти. Повернення коштів відбувається шляхом економії витрат на оплату спожитих паливно-енергетичних ресурсів, а прибуток – за рахунок цієї ж економії протягом визначеного в договорі періоду часу.

Основна роль ЕСКО – надання споживачам послуг з енергозбереження, а саме: енергетичний аудит, організація фінансування, впровадження запропонованих заходів, введення в експлуатацію обладнання, обслуговування встановленого обладнання, оцінка та перевірка отриманої економії [9].

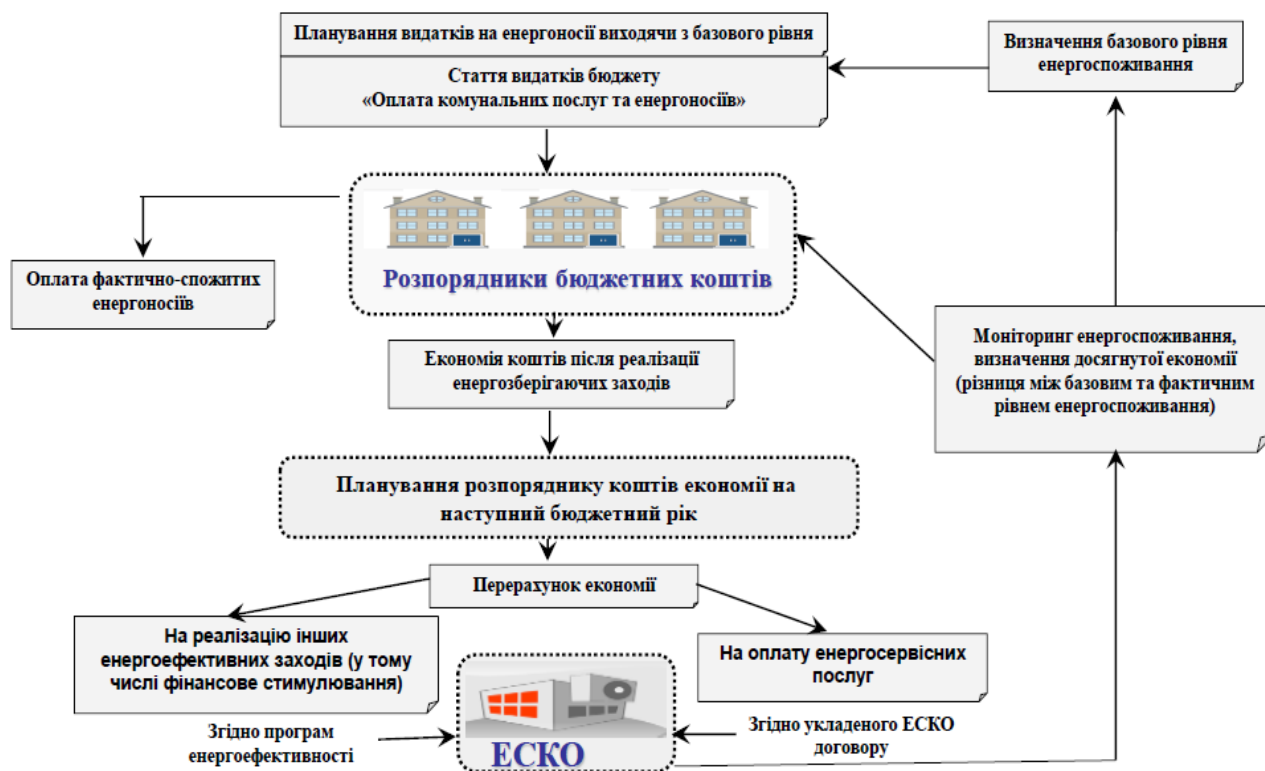


Рисунок 1.6 – Схема реалізації ЕСКО-механізму в Києві [9]

Ще з 2014 року для населення та ОСББ запроваджена Урядова програма «тепліх кредитів», відповідно до якої держбюджет відшкодовує 20% суми кредиту на придбання негазових/неелектричних котлів для фізичних осіб; 35% суми кредиту на купівлю енергоефективного обладнання (матеріалів); 40% суми кредиту для ОСББ/ЖБК для загальнобудинкових заходів.

Бюджетні кошти використовуються за програмою «Реалізація цільової економічної програми енергоефективності» і спрямовуються на здійснення заходів, зокрема на стимулювання об'єднань співвласників багатоквартирних будинків, житлово-будівельних кооперативів до впровадження енергоефективних заходів шляхом відшкодування частини суми кредитів, залучених на придбання [10]:

- обладнання і матеріалів для облаштування індивідуальних теплових пунктів, у тому числі регуляторів теплового потоку за погодними умовами та відповідного додаткового обладнання і матеріалів до них;

- обладнання і матеріалів для проведення робіт з термомодернізації внутрішньобудинкових систем опалення та систем гарячого водопостачання;
- теплонасосної системи для водяної системи опалення та/або гарячого водопостачання та відповідного додаткового обладнання і матеріалів до неї;
- системи сонячного теплопостачання та/або гарячого водопостачання та відповідного додаткового обладнання і матеріалів до неї;
- обладнання і матеріалів для модернізації систем освітлення місць загального користування (у тому числі електропроводки, автоматичних вимикачів, ламп (крім ламп розжарювання), патронів до них);
- вузлів обліку води (гарячої, холодної) та теплової енергії, зокрема засобів вимірювальної техніки (приладів обліку, лічильників), приладів-розподільовачів, автоматичних регуляторів температури повітря в приміщенні та відповідного додаткового обладнання і матеріалів до них;
- багатозонних (багатотарифних) приладів обліку електричної енергії (лічильників активної електричної енергії) та відповідного додаткового обладнання і матеріалів до них;
- обладнання і матеріалів для проведення робіт з теплоізоляції (термомодернізації) зовнішніх стін, підвальних приміщень, горищ, покрівель та фундаментів;
- світлопрозорих конструкцій з енергозберігаючим склом (крім однокамерних), у тому числі вікон та балконних дверей у квартирах, для місць загального користування (під'їздів), підвалів, технічних приміщень, горищ, та відповідного додаткового обладнання і матеріалів до них;
- дверей для місць загального користування (під'їздів), підвалів, технічних приміщень, горищ та відповідного додаткового обладнання і матеріалів до них;
- електричних котлів для водяної системи автономного теплопостачання або водяної індивідуальної (автономної) системи опалення та відповідного додаткового обладнання і матеріалів до них.

Уряд створив державну установу «Фонд енергоефективності», підписавши угоду про асоціацію з ЄС. Законопроект про цей Фонд Верховна Рада схвалила в першому читанні 21 березня 2017 року. Установа підтримує здійснення заходів з підвищення рівня енергоефективності будівель та енергозбереження, зокрема в житловому секторі, згідно з Паризькою угодою сприяє зменшенню викидів двоокису вуглецю та сприяє забезпеченню дотримання Україною міжнародних зобов'язань у сфері енергоефективності. Фінансування Фонду здійснюється за рахунок коштів держбюджету, фінансової підтримки ЄС та уряду Німеччини [11].

Головною вимогою Фонду для отримання коштів є проведення професійного енергоаудиту, який визначить клас енергоефективності будівлі та допоможе ідентифікувати місця найбільшої втрати тепла.

Фонд енергоефективності підписав угоду з Міжнародною фінансовою корпорацією (IFC). Умова угоди - партнери протягом чотирьох років виділять \$235 млн. у вигляді грантів і кредитів для енергоефективної модернізації об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (таблиця Б.1 додатку Б). Держбюджет 2019 року складає 1,6 млрд грн. статутного капіталу Фонду енергоефективності. В Україні протягом 2019-2024 років планується реалізація проектів з підтримки енергоефективності за допомогою коштів Євросоюзу, що складають 104 млн. євро.

1.4 Система моніторингу витрат енергоносіїв

Моніторинг - одна з функцій енергоменеджменту, спрямована на спостереження, відслідковування, аналіз та оцінку норм, правил і режимів використання паливно-енергетичних ресурсів, виконання визначених заходів та дій.

Згідно з [14] енергомоніторинг будівлі – це ведення даних та спостереження за процесом споживання енергоресурсів для виявлення його відповідності бажаному показнику.

Мета системи моніторингу енергетичних носіїв – це послідовне зниження споживання енергоресурсів до бажаного рівня, необхідного для експлуатації будівлі з дотриманням всіх необхідних умов і його підтримку в процесі експлуатації; оцінка ефективності використання фінансових ресурсів, а також оцінка можливості зниження витрат споживачів [14].

Відповідно до [15], основними задачами моніторингу енергоспоживання є:

- вчасне виявлення випадків перевитрат енергоресурсів, аварійних ситуацій;
- збір даних про фактичне споживання енергоресурсів;
- збір даних про фактори, що впливають на рівень споживання енергоресурсів;
- збір даних про параметри мікроклімату в будівлях;
- аналіз ефективності використання енергоресурсів в порівнянні з аналогічними будівлями та нормативними значеннями;
- контроль за ефективністю експлуатації будівель та інженерних систем;
- визначення фактичного рівня досягнутої економії в результаті впровадження заходів з підвищення ефективності енергоспоживання;
- створення підґрунтя для впровадження стимулювання ощадного енергоспоживання шляхом впровадження об'єктивних показників ефективності енергоспоживання.

Енергомоніторинг звісно енергію не зекономить, проте за рахунок нього своєчасно можна визначити погіршення роботи в інженерних системах будівлі.

Для створення системи енергетичного моніторингу житлового будинку необхідно пройти наступні етапи [16]:

1. Обладнання, яке знаходиться на території житлової будівлі поділити на декілька груп (згрупувати).
2. Побудувати баланси споживання енергії окремо для кожної групи п.1.

3. Обрати пріоритетність групи моніторингу (визначити найбільш енергоємне обладнання).
4. Визначити фактори, які впливають на установки.
5. Визначити необхідність встановлення додаткових приладів обліку.
6. Розрахувати грошові витрати на впровадження системи енергетичного моніторингу.
7. Оцінити ступінь економії після впровадження даної системи.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика методів енергомоніторингу будівель

Назва методу	Переваги	Недоліки
Метод питомого нормування	<ul style="list-style-type: none"> - простота; - відсутня необхідність збору точної інформації за показниками приладів обліку енергоресурсів та впливових факторів; - спостереження і аналіз результатів проводиться один раз на рік. 	<ul style="list-style-type: none"> - базові показники енергоспоживання визначаються на основі розрахунків, які не враховують фактичні значення енергоспоживання; - немає можливості своєчасного визначення та запобігання аномального енергоспоживання.
Метод на основі діаграми «Енергія-Температура»	<ul style="list-style-type: none"> - використання для будь-яких типів будівель; - заснований на оцінці енергоспоживання в залежності від впливового фактора. 	<ul style="list-style-type: none"> - реєстрації даних по енергоспоживанню і зовнішньої температури; - виконання додаткових розрахунків для визначення усереднених значень показників; - передбачається, що внутрішня температура будівлі завжди відповідає необхідним показникам.

Продовження таблиці 1.1

Метод Контролю та Нормалізації	<ul style="list-style-type: none"> - використання для будь-яких типів будівель; - заснований на оцінці енергоспоживання в залежності від впливового чинника, що дозволяє враховувати зміну внутрішньої та зовнішньої температур; - використання добових даних, що дає можливість оперативно визначити аномальне споживання. 	- збір добових даних (при необхідності два рази на добу) по енергоспоживанню та впливовому фактору.
--------------------------------------	--	---

Проаналізувавши методи енергомоніторингу будівель (питомого нормування, «Енергія-Температура», Контролю та Нормалізації) (таблиця 1.1) найбільш ефективним можна вважати метод Контролю та Нормалізації. Для усунення недоліку даного методу пропонується автоматичне зчитування інформації з лічильника.

Енергомоніторинг – це необхідний захід для підвищення енергоефективності протягом усього періоду експлуатації будівлі. Постійне виконання процедури дозволить своєчасно виявити та уникнути надмірне споживання енергетичний ресурсів. Без енергомоніторингу споживання енергії та витрати зростають.

Програмне забезпечення OpenJEVis – це інформаційна система, яка реалізує можливості отримання та опрацювання всіх видів фізичних даних. Алгоритм роботи платформи OpenJEVis полягає в наступному: усі дані збираються у вузли тимчасового зберігання, там вони накопичуються за певний період і при необхідності опрацьовуються. Дані передаються у базу даних корпоративної

системи обліку на локальний сервер будинку. Спеціаліст житлового будинку перевіряє достовірність даних протягом усього періоду спостереження.

На рисунку 1.7 зображена архітектура системи енергомоніторингу згідно з [17].

На рисунку 1.7 позначено: Д – датчики; П – перетворювач інтерфейсіф та фізичних сигналів з датчиків; ПЗО (УСО) – пристрій зв'язку з об'єктом; Ш – пристрій шифрування; ДШ – пристрій дешифрування; К – клієнт СМ.

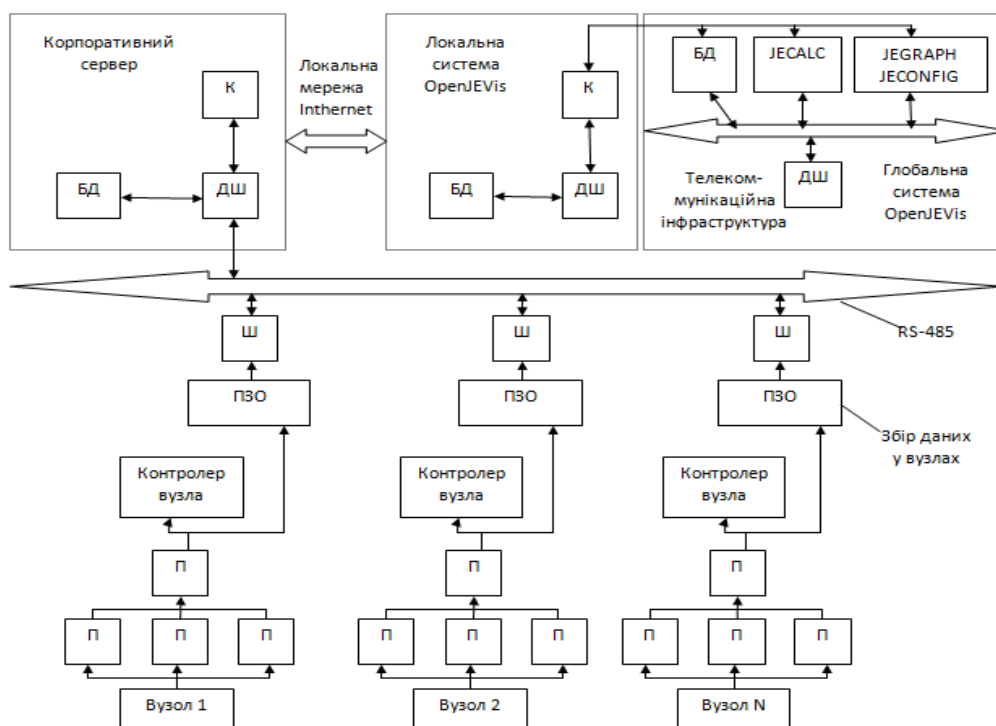


Рисунок 1.7 – Архітектура системи довготривалого енергомоніторингу

Висновки до розділу 1

У першому розділі було проаналізовано загальні відомості про енергетичну ефективність будівель, алгоритм складання енергопаспорту, методики, за якими визначають клас енергетичної ефективності будівлі. Представлено зразок енергетичного сертифікату та дані, які він містить. Розглянуто річні витрати теплоти на потреби споживачів: з чого вони складаються та як розраховуються.

Визначено методи та шляхи забезпечення підвищення енергетичної ефективності житлової будівлі. Розкрито різні варіанти фінансування заходів з енергозбереження для житлово-комунального сектору для об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) та житлово-експлуатаційної контори (ЖЕК). Проаналізовано методи енергомоніторингу житлових будівель.

2 ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

2.1 Загальна характеристика житлової будівлі та опис методики проведення енергоаудиту

Об'єктом енергетичного аудиту є житлова будівля ОСББ «Гарматна-Західна». Основні контактні дані наведено у таблиці 2.1.

Житловий комплекс побудований в 2015 році, введений в експлуатацію в 2016 році, ОСББ створено 31 серпня 2018 року. Складається з двох будинків по 24 поверхи кожен. Житловий комплекс обладнаний підземним паркінгом на 70 машиномісць.

Кількість квартир – 161 (вул. Гарматна 37-А) та 159 (вул. Західна 10). Внутрішня температура в приміщенні будівлі, під час опалювального періоду, задовільна, становить 20°C (відповідає нормативному значенню відповідно до ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»), при температурі зовнішнього повітря -5 °C.

Таблиця 2.1 - Інформація по об'єкту

Назва об'єкту	ОСББ «Гарматна-Західна»
Адреса	м. Київ, вул. Гарматна 37-А
Контактна особа	Гончаренко Вадим Петрович
Посада	Голова правління
Телефон	068 357 90 49
Призначення споруди	Житловий будинок
Рік введення в експлуатацію	2016
Температура зона регіону	I

На рисунку 2.1 та 2.2 зображено відповідно план цокольного поверху будинків за адресою вул. Гарматна 37-А та Західна 10.

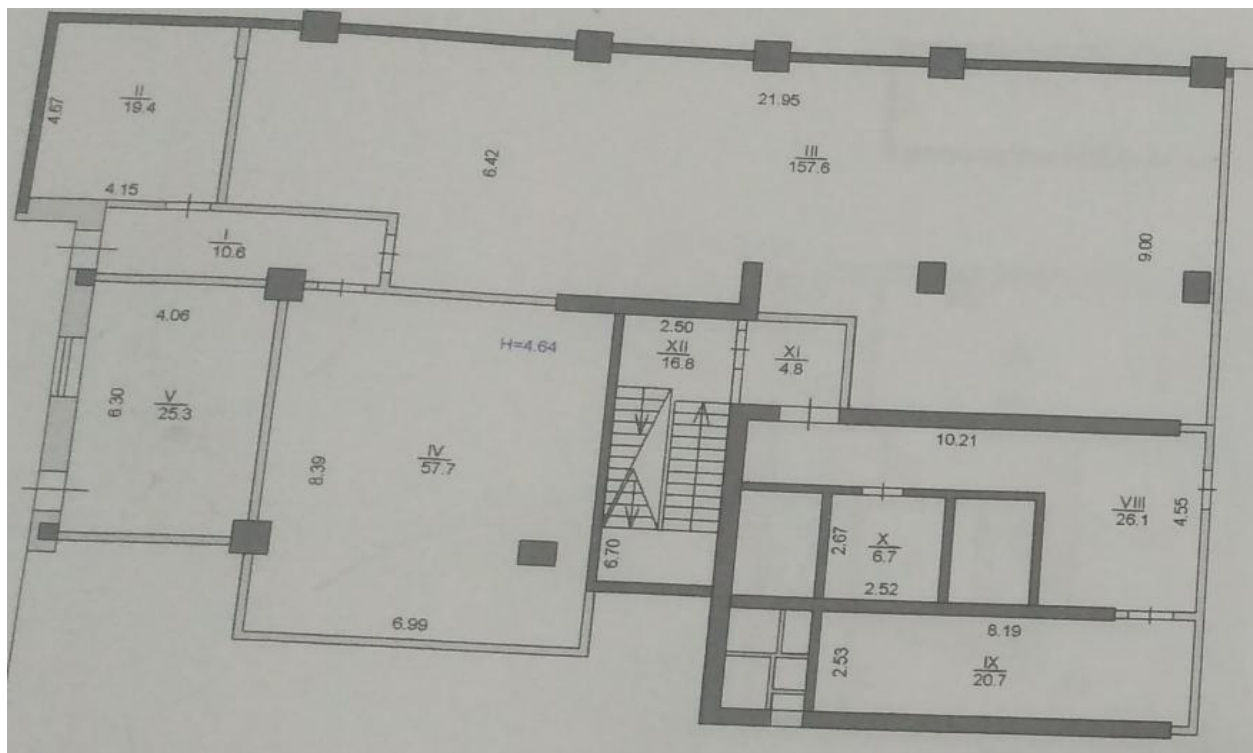


Рисунок 2.1 - План цокольного поверху будинку за адресою вул. Гарматна 37-А

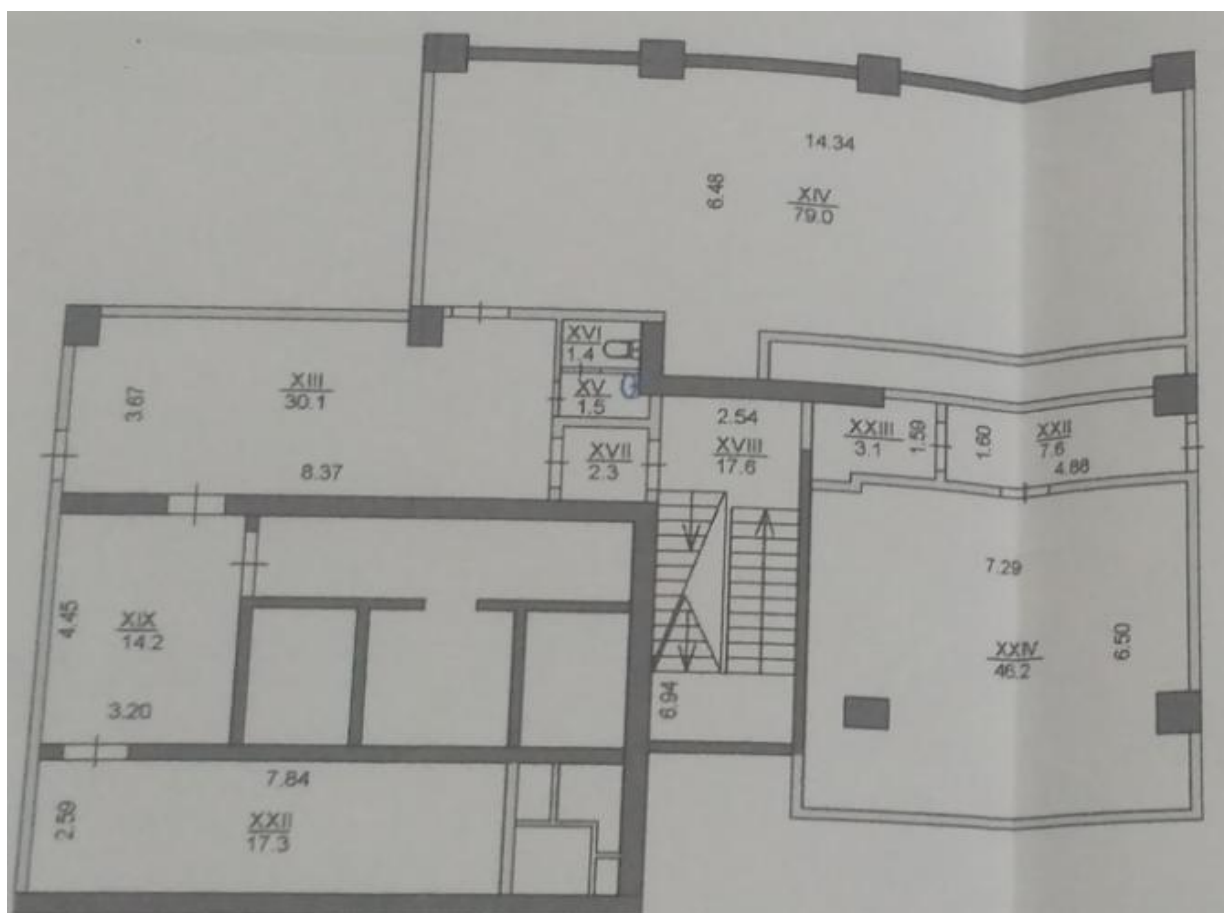


Рисунок 2.2 - План цокольного поверху будинку за адресою вул. Західна 10

В основі методики проведення енергоаудиту ОСББ «Гарматна-Західна» було покладено принципи та підходи, закладені в ДСТУ ISO 50002:2016 «Енергетичний аудит. Вимоги та настанова щодо їх проведення» (ISO 50002:2014, IDT).

Процес енергетичного аудиту складався з етапів, що представлені на рисунку 2.3 та більш детально описані нижче.

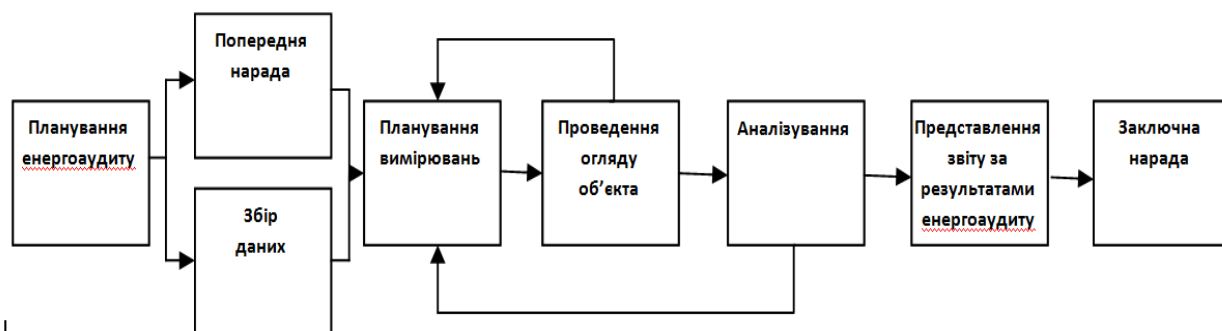


Рисунок 2.3 – Блок-схема процесу енергетичного аудиту (у відповідності до положень ДСТУ ISO 50002:2016) [18]

Споживання електричної енергії

Дані щодо споживання електричної енергії житлової будівлі за 2017 – 2019 роки, що представлені в таблиці В.1 додатку В, були надані працівниками ОСББ, а на рисунку 2.4 відображено динаміку зміни споживання за 2017 – 2019 роки.

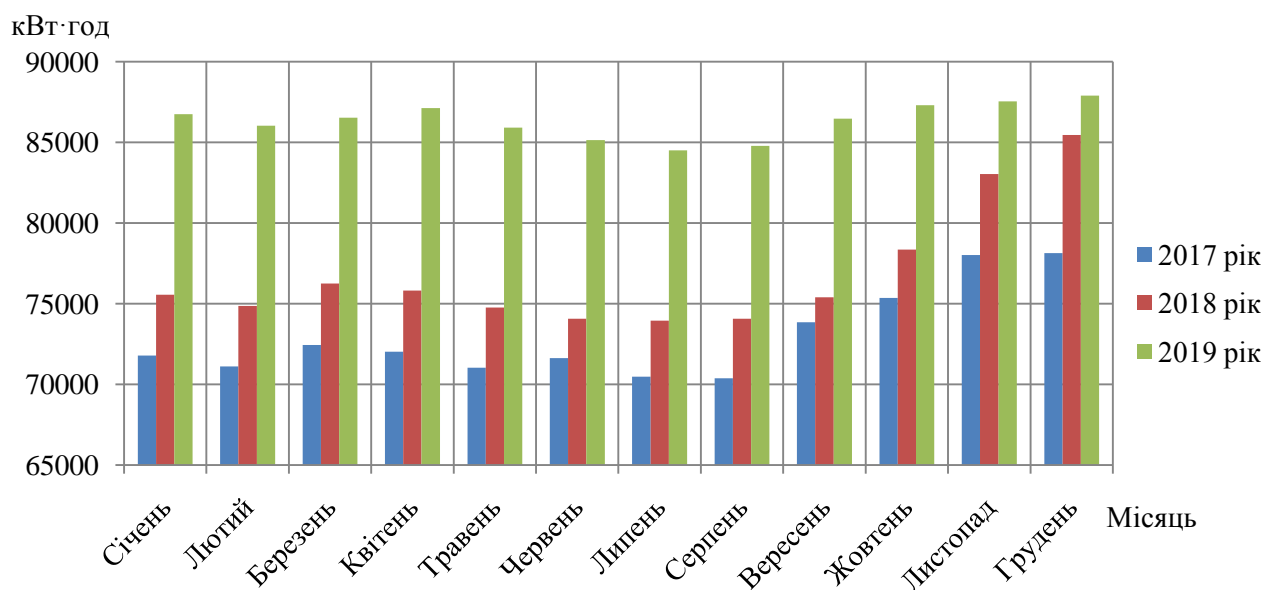


Рисунок 2.4 – Динаміка зміни споживання електричної енергії за 2017-2019 рр.

Більше споживання електроенергії взимку обумовлене короткою тривалістю дня, тому освітлення працює довше. Влітку тривалість світлої пори доби найбільша, тому освітлення мало використовується, також влітку мешканці будинку від'їжджають на відпочинок. На рисунку 2.4 також помітно те, що споживання електричної енергії протягом трьох років є різним. Це зумовлено тим, що даний об'єкт є новобудовою та заселення у квартири було нерівномірним.

Для зручності покажемо динаміку річних змін у споживанні електричної енергії на рисунку 2.5.

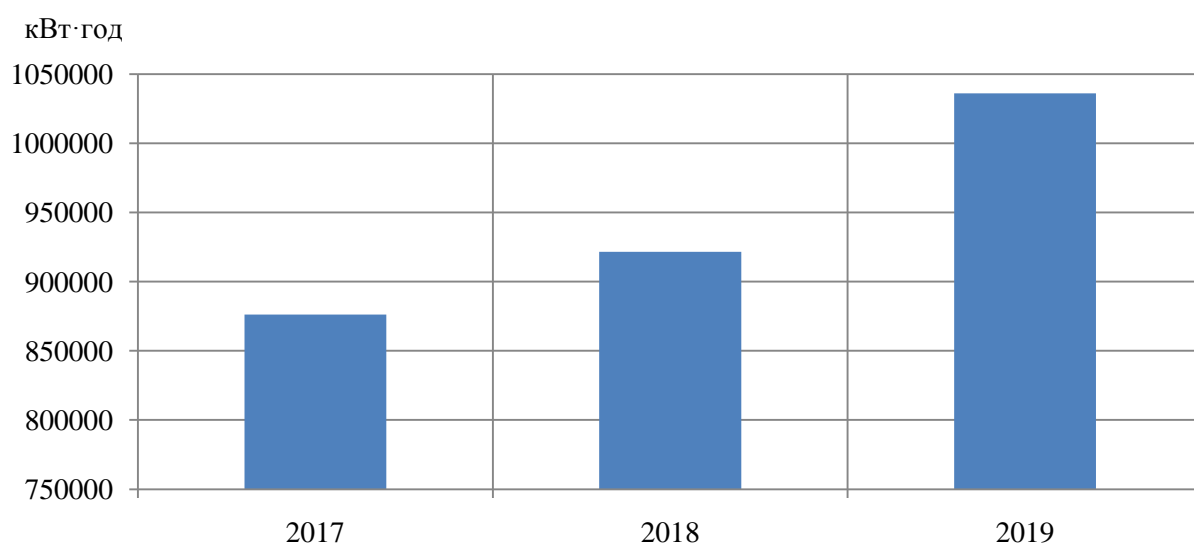


Рисунок 2.5 – Динаміка річних змін у споживанні електричної енергії за 2017-2019 роки

Аналізуючи рисунок 2.5 бачимо постійно зростаючу динаміку зміни у споживанні електричної енергії протягом 2017-2019 років. Порівнюючи споживання у 2019 році та у 2017, маємо збільшення на 159 810 кВт·год, а в порівнянні з попереднім 2018 роком, маємо збільшення на 114 435 кВт·год, що у відсотковому співвідношенні становить 15% та 11%, відповідно.

Споживання природного газу

ОСББ «Гарматна-Західна» використовує природний газ для власної дахової котельні в опалювальний період.

Дані про річне помісячне споживання природного газу зведені до таблиці В.2 додатку В. Зобразимо на рисунку 2.6 споживання природного газу.

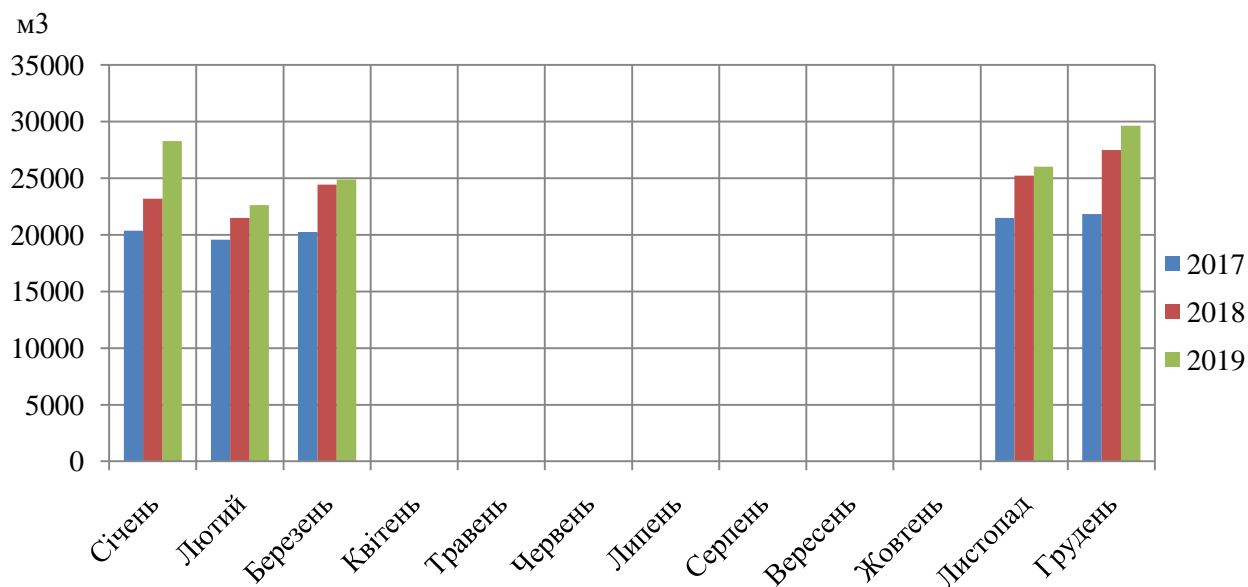


Рисунок 2.6 – Графік споживання природного газу за 2017-2019 р.р.

Природний газ в житловому будинку використовується лише для опалення квартир, тому влітку споживання відсутнє. Найбільша кількість природного газу споживається в зимові місяці як в найхолодніший час. У березні та листопаді споживання газу менше, ніж в зимові, оскільки на даховій котельні регулюють температуру теплоносія для створення комфортних умов у квартирах у відповідності зі змінами температури за вікном.

На рисунку 2.7 показано річну зміну споживання газу за 2017-2019 роки.

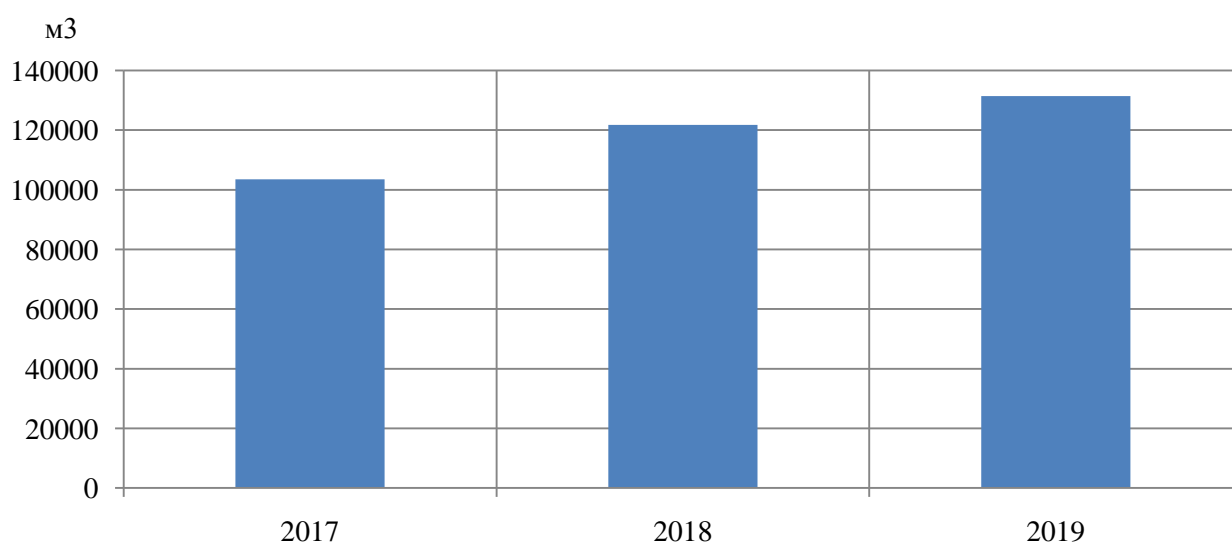


Рисунок 2.7 – Щорічне споживання газу за 2017-2019 роки

Аналізуючи споживання газу протягом 2017-2019 років (рисунок 2.7), бачимо динаміку постійного збільшення споживання. З 2017 по 2019 роки споживання газу збільшилось на 27 931 м³, що у відсотковому співвідношенні становить 21,3%. При порівнянні двох останніх зазначених років 2018 та 2019 споживання збільшилось на 7,3%.

Споживання холодної води

Система водопостачання централізована. Холодна вода використовується як для потреб мешканців квартир, так і для прибудинкової території та системи опалення. Отримані дані щодо споживання води в будинку занесені до таблиці В.3 додатку В та зображені на рисунку 2.8.

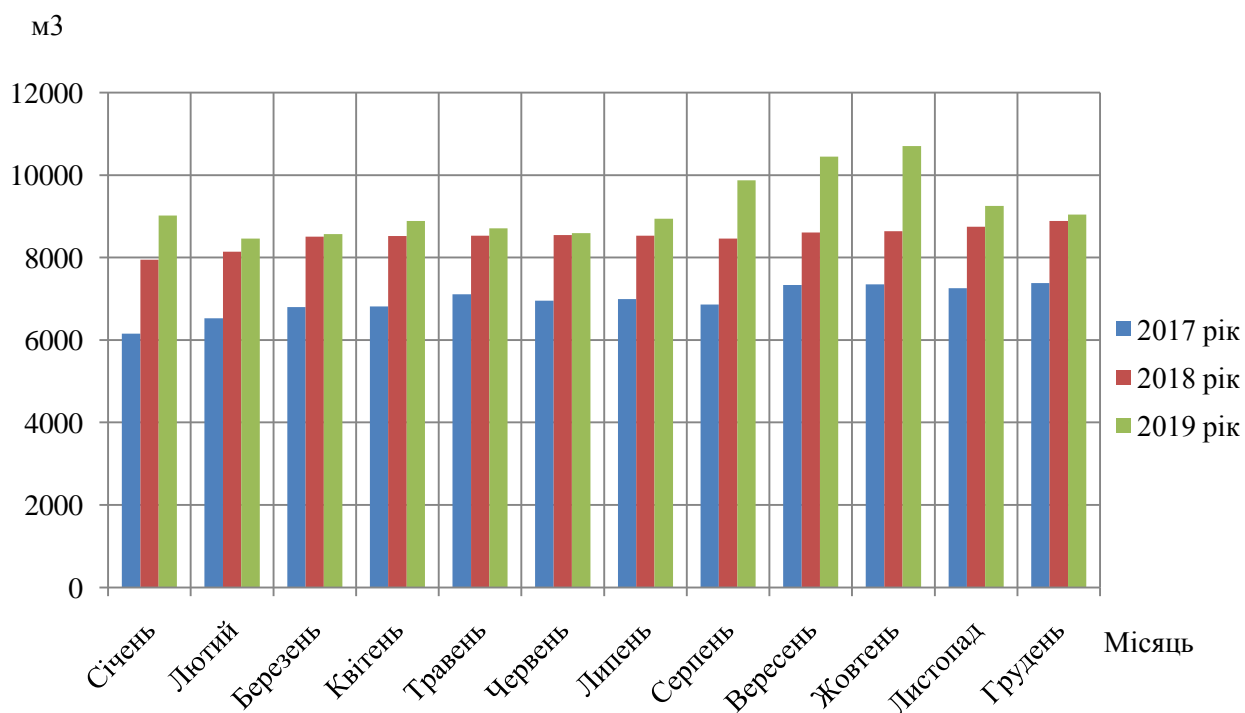


Рисунок 2.8 – Графік споживання холодної води за 2017-2019 р.р.

З рисунку 2.8 видно, що споживання холодної води практично рівномірне, за винятком серпня-жовтня 2019 року. У цей період були ремонтні роботи у водопровідній системі. У зимовий період вода використовується для системи опалення, у літній період – на полив газонів.

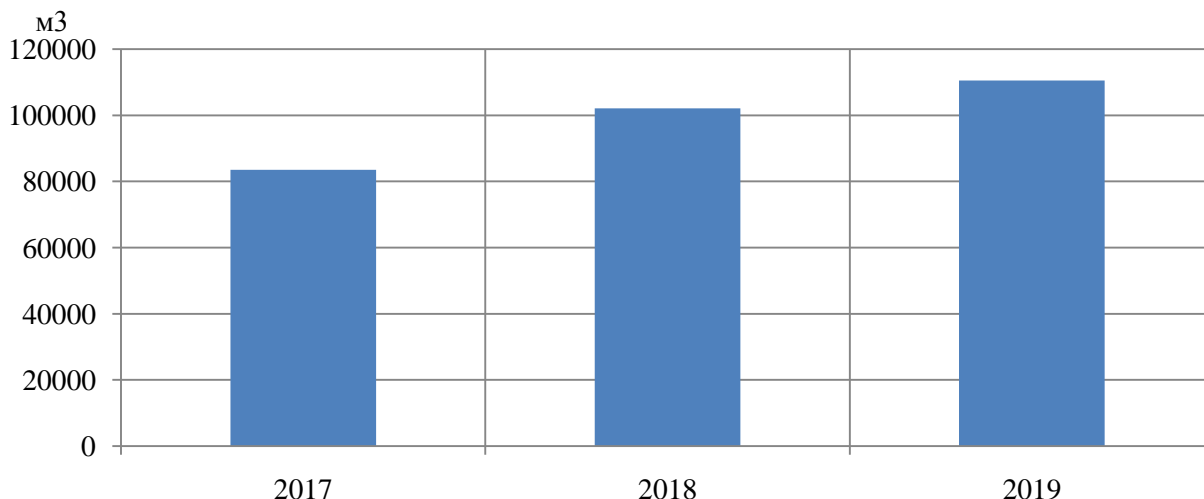


Рисунок 2.9 – Динаміка щорічної зміни споживання води ОСББ «Гарматна-Західна» за 2017-2019 роки

Аналізуючи споживання води протягом 2017-2019 років (рисунок 2.9), бачимо динаміку постійного збільшення споживання. З 2017 по 2019 роки споживання води збільшилось на 26 990 м³, що у відсотковому співвідношенні становить 24,4%. При порівнянні двох останніх років 2018 та 2019 споживання збільшилось на 7,6%.

Тарифи на енергоносії за останні 3 роки

Тариф на електричну енергію за останні три роки стабільний, про що неможливо сказати за природний газ та холодну воду. Дані по тарифам наведені у таблиці В.4 додатку В та наглядно зображено на рисунках 2.10-2.12.

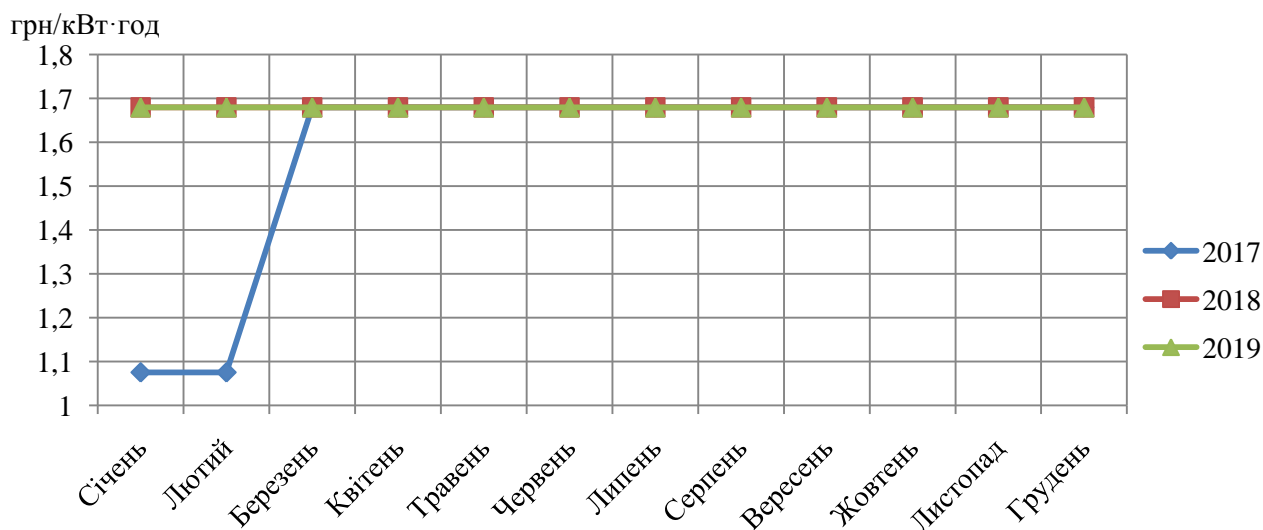


Рисунок 2.10 – Зміна тарифу на електричну енергію протягом 2017-2019 р.р.

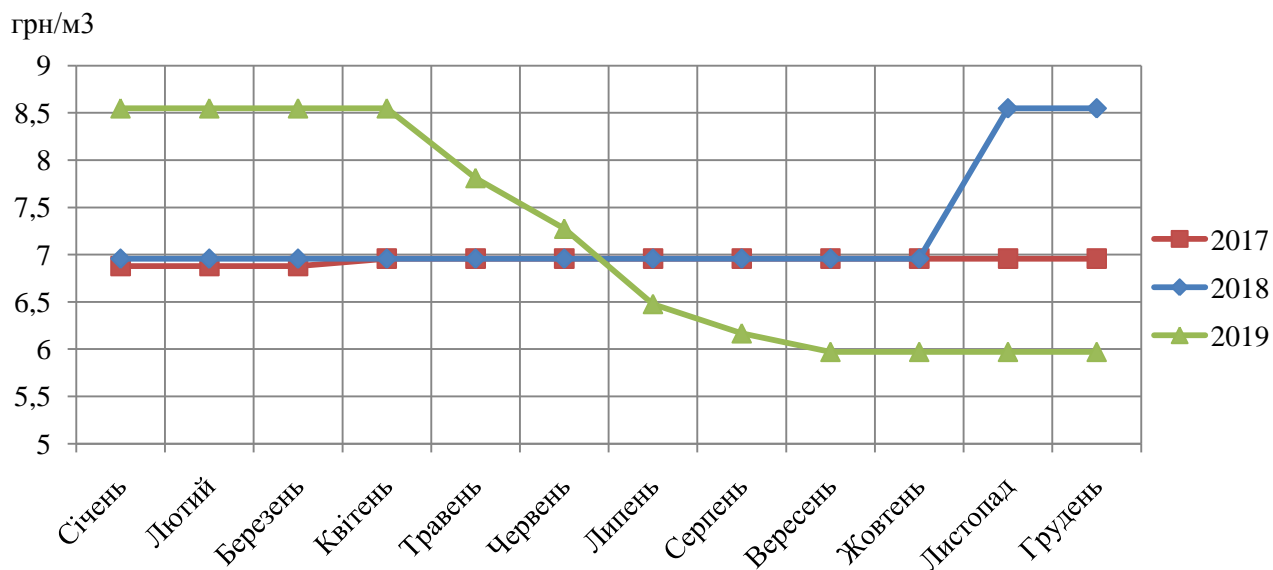


Рисунок 2.11 – Зміна тарифу на природний газ протягом 2017-2019 р.р.

З рисунку 2.11 видно, що у 2017 році тариф на природний газ був незмінний. Подорожчання природного газу відбулося в опалювальний період 2018-2019 р.р. У квітні 2019 року ціна на газ почала знижуватися. У період з квітня до вересня тариф зменшився на 43,2%.

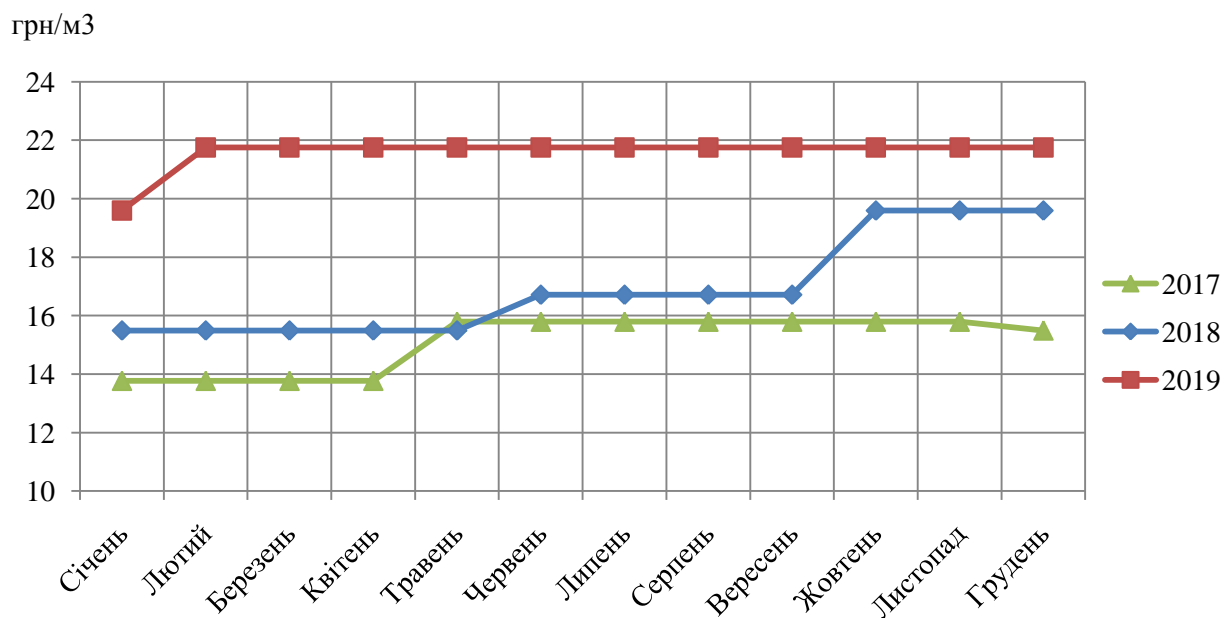


Рисунок 2.12 – Зміна тарифу на водопостачання протягом 2017-2019 р.р.

З рисунку 2.12 видно, що у 2017 та 2019 роках відбулося одне подорожчання цін, у 2018 році – двічі тариф підвищили. Порівнюючи початок 2017 та кінець 2019 роки ціна на водопостачання зросла на 36,7%.

2.2 Аналіз енергоефективності житлової будівлі

Тепловий баланс житлової будівлі

За основу розрахунку теплового балансу житлового будинку взяті вихідні дані станом на літо 2019 р.

Розрахуємо тепловтрати через огорожувальні конструкції за формулою [19]:

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_{\text{вн}} - t_3) \cdot n, \quad (2.1)$$

де F - площа огорожувальної конструкції, м^2 ;

R - термічний опір огорожувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$t_{\text{вн}}$ - нормативна температура всередині приміщення, згідно ДБН В.2.6-31:2016,

$t_{\text{вн}} = +20^\circ \text{C}$;

t_3 - розрахункова температура навколишнього середовища, згідно ДБН В.2.6-31:2016, $t_3 = -22^\circ \text{C}$;

n - коефіцієнт положення огороження відносно зовнішнього повітря, що зменшує різницю температур для огорожень, що не стискаються з зовнішнім повітрям.

Характеристика зовнішніх огорожуючих конструкцій (стін)

Зовнішні стіни будинку виконані із керамзитобетонних блоків, товщиною 400 мм. Стан стін будівлі задовільний, наявні пошкодження фасаду відсутні. Утеплення всього будинку виконано базальтовою мінеральною ватою 30 мм.

На рисунку 2.13 представлені фрагменти фасаду будівлі.

Загальна площа зовнішніх стін складає – 12388 м^2 .

Склад стіни:

- базальтова мінеральна вата $\lambda=0,039 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ товщина $\delta=0,03 \text{ м}$;
- керамзитобетонні блоки $\lambda=0,18 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ товщина $\delta=0,4 \text{ м}$;
- внутрішня цементно-піщана штукатурка $\lambda=0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, товщина $\delta=0,02 \text{ м}$.

Опір теплопередачі стіни розраховується за формулою:

$$R = \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}}, \quad (2.2)$$

де α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, згідно з ДБН В.2.6-31:2016 приймається 23 Вт/(м²·К);

$\alpha_{\text{вн}}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, згідно з ДБН В.2.6-31:2016 приймається 8,7 Вт/(м²·К);

δ_i - товщина i -го шару, м;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності i -го шару, Вт/(м·К).



Рисунок 2.13 - Зовнішній вигляд фасаду

Термічний опір зовнішньої стіни визначено за формулою (2.2):

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,4}{0,18} + \frac{0,03}{0,039} + \frac{1}{8,7} = 3,175 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для стін:

$$R_{q \min} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad R_{q \min} > R_{\text{ст}}$$

Отже, характеристика огорожувальної конструкції не відповідає вимогам.

Коефіцієнт теплопередачі стіни розраховується за формулою:

$$k_{\text{ст}} = \frac{1}{R_{\text{ст}}}, \quad (2.3)$$

$$k_{\text{ст}} = \frac{1}{3,175} = 0,315 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Характеристика віконних конструкцій

Загальна кількість віконних блоків будівлі закладу – 1284 шт. Сумарна площа яких складає - 2676 м². Будівля має вікна одного розміру, двокамерні, марка яких - Rehau Ecosol 60.

У таблиці 2.2 представлені характеристики віконних блоків будівлі, на рисунку 2.14. представлено зовнішній вигляд вікон.

Таблиця 2.2 – Характеристика віконних блоків

Орієнтація за сторонами світу	Розмір одного віконного блоку, м		Площа одного віконного блоку	Кількість віконних блоків	Загальна площа
	a	b	м ²	шт.	м ²
Пн	1,43	1,46	2,088	252	525,4
Сх	1,43	1,46	2,088	390	812,6
Пд	1,43	1,46	2,088	252	525,4
Зх	1,43	1,46	2,088	390	812,6
Всього				1284	2676

Опір теплопередачі вікон становить $R_{\text{вікон}} = 0,62 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, що менше ніж мінімально допустиме значення опору теплопередачі вікон для даного регіону $R_{\text{вікон}, \text{min}} = 0,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, згідно вимогам ДБН В.2.6-31:2016.

Коефіцієнт теплопередачі віконних конструкцій визначено за формулою (2.3):

$$k_{\text{в}} = \frac{1}{0,62} = 1,613 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Це значить, що теплозахисні властивості вікон незадовільні, що вимагає впровадження енергозберігаючих заходів для збільшення опору теплопередачі.



Рисунок 2.14 - Зовнішній вигляд вікон

Характеристика зовнішніх дверей

Загальна кількість входних дверей будівлі закладу становить 10 шт., площею – 36,0 м². Приведений термічний опір дверей складає 0,35 (м²·К)/Вт, що не відповідає нормативному значенню. Згідно ДБН В.2.6-31:2016 нормативне значення термічного опору для даного регіону складає – 0,6 (м²·К)/Вт. На холодних балконах металевих дверей в кількості 62 та площею – 248,0 м², з опором 0,158 (м²·К)/Вт. Зважаючи на не відповідність опору теплопередачі, загальний стан входних дверей можна охарактеризувати як незадовільний.

Коефіцієнт теплопередачі дверей розраховано за формулою (2.3):

$$k_{\text{дв1}} = \frac{1}{0,35} = 2,857 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

$$k_{\text{дв2}} = \frac{1}{0,158} = 6,329 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Перелік та характеристики зовнішніх дверей приведені в таблиці 2.3, та на рисунку 2.15 представлено зовнішній вигляд дверей.

Таблиця 2.3 – Характеристика зовнішніх дверей

Орієнтація за сторонами світу	Розмір одних дверей, м		Площа одних дверей	Кількість дверей	Загальна площа
	a	b	м ²	шт.	м ²
Пн	1,1	2,05	2,255	2	4,51
Сх	2,0	2,05	4,1	2	8,2
	1,1	2,05	2,255	3	6,765
	2,0	2,0	4,0	31	124,0
Зх	2,0	2,05	4,1	2	8,2
	1,1	2,05	2,255	1	4,51
	2,0	2,0	4,0	31	124,0
Всього				72	284

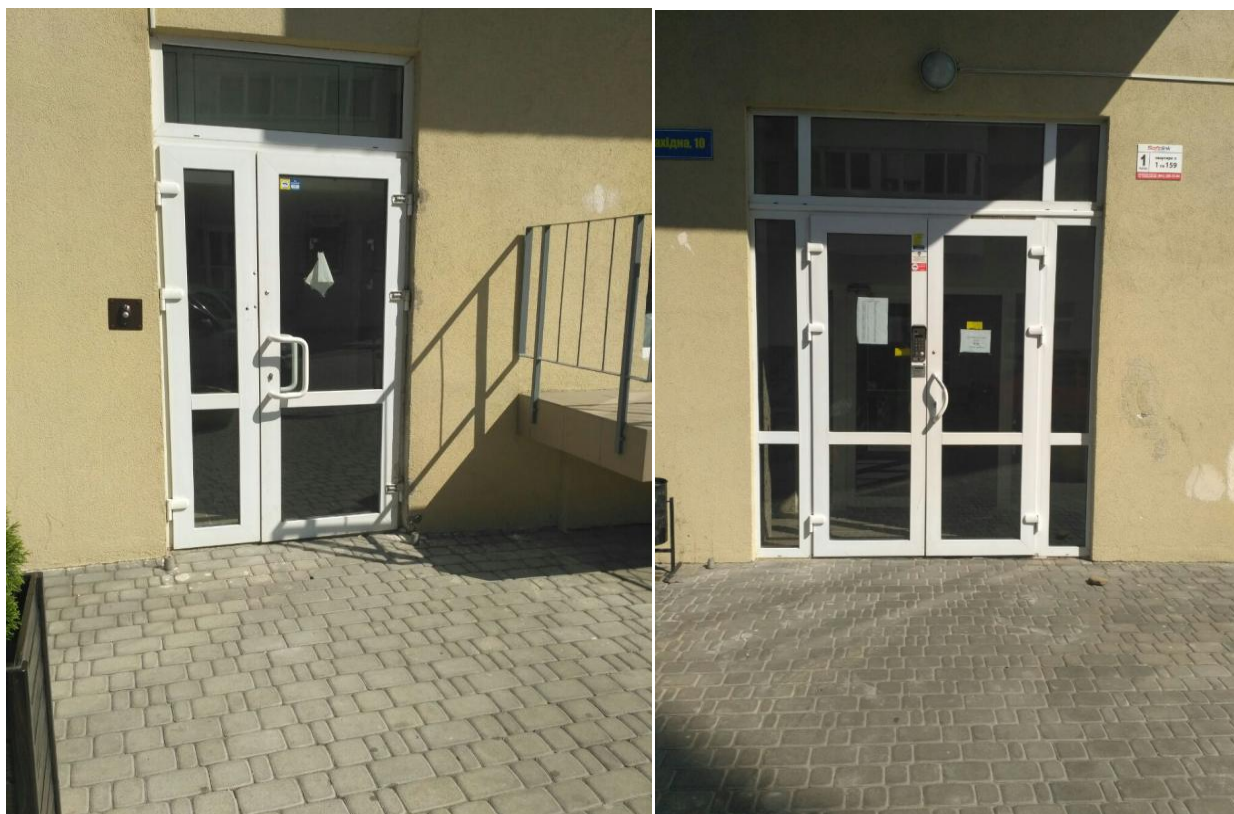


Рисунок 2.15 - Зовнішній вигляд дверей

Характеристика покрівлі (даху)

Дах будівлі плоский. Утеплення не проводилось. Існуючий стан даху незадовільний, наявні протікання. На рисунку 2.16 представлено зовнішній вигляд даху.

Загальна площа даху складає – 1190 м².

Дах складається з наступних шарів:

- залізобетонні плити з $\lambda=1,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ товщиною $\delta=0,22 \text{ м}$;
- базальтова вата $\lambda=0,048 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$; товщиною $\delta=0,20 \text{ м}$;
- розчин цементно-піщаний $\lambda=0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$; товщиною $\delta=0,05 \text{ м}$;
- 1 шар руберойду з $\lambda=0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ товщиною $\delta=0,003 \text{ м}$;

Термічний опір даху визначено за формулою (2.2) для I температурної зони:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{23} + \frac{0,22}{1,2} + \frac{0,2}{0,048} + \frac{0,05}{0,58} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{1}{8,7} = 4,612 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі даху розраховано за формулою (2.3):

$$k_{\text{дах}} = \frac{1}{4,612} = 0,217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Згідно ДБН В.2.6-31:2016 нормативне значення термічного опору для даного регіону складає – 4,95 (м²·К)/Вт, отже характеристика огорожувальної конструкції не відповідає вимогам.



Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд даху

Характеристика підлоги (підвального приміщення)

У технічному підвалі розміщена нижня розводка труб системи опалення, холодного водопостачання, а також труб системи каналізації. Теплопостачання будинку здійснюється від тепlopункту. Ізоляція трубопроводів виконана, з використанням скловати, проте з недоліками (браком). Середня температура в підвальному приміщенні за опалювальний період сягає 18°C.

Площа підвалу складає – 1418,4 м².

Підлога складається з наступних шарів:

- залізобетонна плита з $\lambda=1,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ та товщиною $\delta=0,22 \text{ м}$;
- цементно-піщаний розчин $\lambda=0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ та товщиною $\delta=0,05 \text{ м}$;
- плитка з $\lambda=0,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ та товщиною $\delta=0,01 \text{ м}$.

Термічний опір підлоги визначено за формулою (2.2) у I температурній зоні:

$$R_{\pi} = \frac{1}{6} + \frac{0,22}{1,2} + \frac{0,05}{0,58} + \frac{0,01}{1,05} + \frac{1}{8,7} = 0,56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги розраховано за формулою (2.3):

$$k_{\pi} = \frac{1}{0,56} = 1,786 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Нормативне значення термічного опору для даного регіону складає – 3,75 (м²·К)/Вт, отже характеристика огорожувальної конструкції не відповідає вимогам згідно ДБН В.2.6-31:2016, зважаючи на це, загальний стан перекриття можна охарактеризувати як незадовільний.

На рисунку 2.17 представлений зовнішній вигляд інженерних систем в підвалі приміщення будівлі.



Рисунок 2.17 – Зовнішній вигляд інженерних систем в підвалі будівлі

Розраховані результати стосовно тепловтрат через огорожувальні конструкції занесемо до таблиці 2.4 та зобразимо на діаграмі тепловтрат житлового будинку (рисунок 2.18).

Таблиця 2.4 - Тепловтрати через огорожувальні конструкції

Найменування	Нормативний термічний опір, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	Приведений термічний опір, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	Площа, м^2	Тепловтрати, кВт	Частка тепловтрат, %
Стіна зовнішня	3,3	3,175	12388	163,87	30,77
Вікна зовнішні	0,75	0,62	2676	181,28	34,04
Двері зовнішні	0,6	0,35/0,158	36/248	4,32/65,92	13,19
Підлога	3,75	0,56	1418,4	106,38	19,97
Дах	4,95	4,612	1190	10,84	2,03
Сумарні тепловтрати				532,61	100

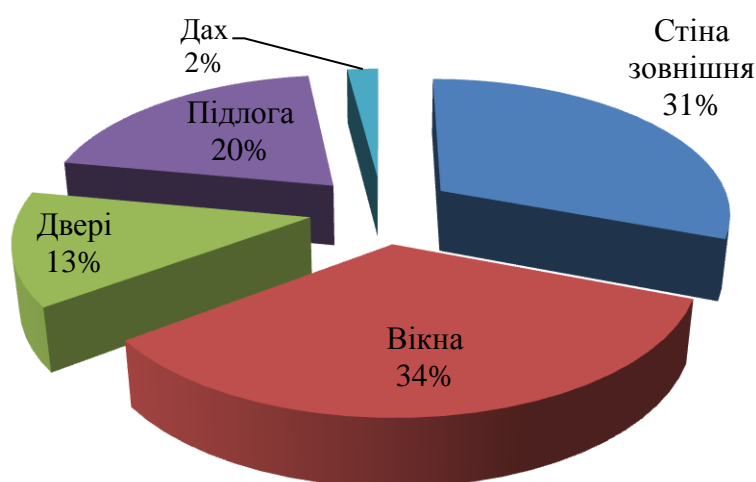


Рисунок 2.18 - Зведена діаграма тепловтрат об'єкту

Проаналізувавши результати маємо: загальні тепловтрати складають 532,61 кВт. При чому, основна частка припадає на вікна, тому при запровадженні заходів з енергозбереження увагу необхідно приділити саме цим огорожувальним конструкціям.

Баланс споживання електричної енергії

Складемо баланс споживання енергії електроспоживачами житлового будинку за 2017-2019 роки. Споживання електричної енергії відповідної одиниці обладнання розраховується за формулою:

$$W_i = P_{\text{вст } i} \cdot n \cdot k_{\text{в } i} \cdot T_{\text{роб } i},$$

де $P_{\text{вст } i}$ - встановлена потужність одиниці відповідного обладнання, кВт, яка береться із паспортних даних обладнання;

n - кількість одиниць обладнання, шт;

$k_{\text{в } i}$ - коефіцієнт використання встановленої потужності;

$T_{\text{роб } i}$ - тривалість роботи відповідного обладнання за місяць.

Розрахунки зведемо до таблиць Г.1, Г.2 та Г.3 додатку Г, а також зобразимо електричний баланс за 2018 рік на рисунку 2.19.

Знайдемо відносне відхилення фактичного і розрахункового споживання електричної енергії за формулою:

$$\Delta W = \frac{|W_p - W_{\text{ф}}|}{W_p} \cdot 100. \quad (2.4)$$

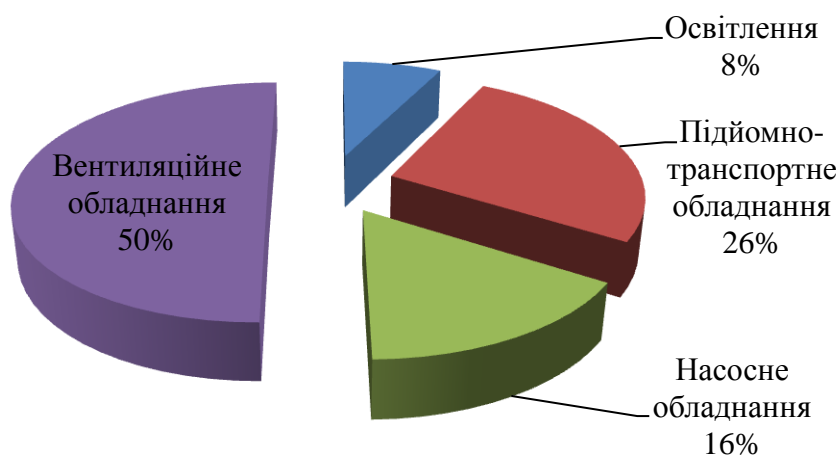


Рисунок 2.19 – Електричний баланс у 2018 році

Результати розрахунку складових балансу електроспоживання вказують, що найбільш суттєвими напрямками використання електроенергії є електроприлади, а саме: 50% - вентиляційне обладнання, 26% - підйомно-транспортне обладнання та 16% - насосне обладнання.

Визначимо відносне відхилення фактичного і розрахункового споживання електричної енергії за формулою (2.4):

$$\Delta W_{2017} = \frac{|815214 - 876150|}{815214} \cdot 100 = 7,47\%.$$

$$\Delta W_{2018} = \frac{|894054 - 921525|}{894054} \cdot 100 = 3,07\%.$$

$$\Delta W_{2019} = \frac{|972894 - 1035960|}{972894} \cdot 100 = 6,48\%.$$

Отримана похибка пов'язана з неможливістю визначення абсолютно точного часу роботи електроспоживаючого обладнання та коефіцієнта його використання.

Визначення базової лінії споживання енергії

Для визначення факторних ознак, які впливають на регресійну модель, використаємо програмне забезпечення MS Excel 2007. Побудуємо модель множинної лінійної регресії, обравши інструмент аналізу «Регресія». За результативну ознаку (Y) обираємо споживання енергії за місяць, за факторні ознаки (X_1 , X_2 , X_3 та X_4) - відповідно середньомісячну температуру, тривалість світлового дня, кількість мешканців, градусо-добу в період опалення (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Вихідні дані по споживанню енергії за 2018 рік

Місяць	Загальне споживання енергії, кВт·год	Середньомісячна температура, °C	Тривалість світлового дня, с	Кількість мешканців, чол.	Градусо-доба, °C·доба
2018	Y	X_1	X_2	X_3	X_4
1	315711,6	-2,4	30913,1	260	694,4
2	297438,8	-3,8	36259,8	262	666,4

Продовження таблиці 2.5

3	329298,3	-1,9	42866,2	275	678,9
4	75800	13,1	49756,5	280	103,5
5	74750	18,8	55758,5	298	0,0
6	74070	20,6	58930,3	300	0,0
7	73950	21,4	57371,3	305	0,0
8	74060	22,5	52070,0	312	0,0
9	75390	17,3	45448,8	320	0,0
10	78350	10,7	38611,1	360	139,5
11	344289	0,3	32469,8	380	591,0
12	370129,4	-2,2	29148,0	380	688,2

Для проведення розрахунків визначаємо:

- обсяг вибірки $n = 12$,
- кількість незалежних змінних – факторних ознак (це кількість параметрів у рівнянні регресії без вільного члена) $k = 4$,
- число ступенів свободи df за формулою $df = n - k - 1 = 12 - 4 - 1 = 7$,
- рівень значущості $\alpha = 0,05$;
- рівень надійності = 95%.

Загальний вигляд початкової регресійної моделі:

$$\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4. \quad (2.5)$$

Проаналізуємо результати за наведеним розрахунком (рисунок 2.20).

Вывод итогов									
Регрессионная статистика									
Множественный R	0,994410036								
R-квадрат	0,988851319								
Нормированный R-квадрат	0,982480645								
Стандартная ошибка	17600,25394								
Наблюдения	12								
Дисперсионный анализ									
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>значимость F</i>				
Регрессия	4	1,92328E+11	48082101349	155,219247	6,527E-07				
Остаток	7	2168382572	309768938,9						
Итого	11	1,94497E+11							
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>	
Y-пересечение	-272293,0849	98710,13449	-2,758511943	0,0281563	-505705,46	-38880,70705	-505705,4627	-38880,70705	
X1	5944,006927	3114,596805	1,908435441	0,09798282	-1420,8442	13308,85806	-1420,84421	13308,85806	
X2	1,350185575	1,446002745	0,933736523	0,38152035	-2,0690676	4,769438731	-2,069067582	4,769438731	
X3	489,8406674	166,4430534	2,942992558	0,02162109	96,265387	883,4159477	96,26538698	883,4159477	
X4	625,3997634	84,47195597	7,403637766	0,00014896	425,655328	825,144199	425,6553277	825,144199	

Рисунок 2.20 – Результати розрахунку інструменту аналізу «Регресія»

Запишемо загальне рівняння множинно-лінійної регресії відповідно до формули (2.5):

$$\hat{y} = -272293,0849 + 5944,006927 \cdot x_1 + 1,350185575 \cdot x_2 + 489,8406674 \cdot x_3 + 625,3997634 \cdot x_4$$

де $a_0 = -272293,0849$ – вільний член;

$a_1 = 5944,006927$ – коефіцієнт при x_1 ; p -значення₁ = 0,09798282;

$a_2 = 1,350185575$ – коефіцієнт при x_2 ; p -значення₂ = 0,38152035;

$a_3 = 489,8406674$ – коефіцієнт при x_3 ; p -значення₃ = 0,02162109;

$a_4 = 625,3997634$ – коефіцієнт при x_4 ; p -значення₄ = 0,00014896.

На підставі аналізу статистичної якості рівняння регресії визначаємо, що на споживання енергії має найменший вплив фактор X_2 , оскільки рівень надійності $P = 95\%$, значить ймовірність прийняття нульової гіпотези – p -значення має бути найбільшим серед інших [20].

Виконаємо ітерацію, виключивши лише найменш впливовий фактор X_2 , для знаходження проміжного рівняння (додаток Е, таблиця Е.1).

Запишемо загальне рівняння множинно-лінійної регресії після другої ітерації відповідно до формули (2.5):

$$\hat{y} = -202683,8444 + 7655,287396 \cdot x_1 + 388,4419961 \cdot x_3 + 642,9188988 \cdot x_4. \quad (2.6)$$

За результатами проведеного аналізу (додаток Е, рисунок Е.1) було визначено p -значення $(x_1) = 0,015476451 < 0,05$, p -значення $(x_3) = 0,014566442 < 0,05$ та p -значення $(x_4) = 0,0000491562 < 0,05$, що свідчить про те, що середньомісячна температур, кількість проживаючих осіб у житловому будинку та градусо-доба значно впливає на споживання енергії житлової будівлі.

Для визначення значимості факторів, потрібно визначити значущість параметрів моделі. Перевіркою статистичної гіпотези про значущість параметрів моделі є перевірка припущення, що дані параметри суттєво відрізняються від нуля [21].

Вказані вище гіпотези перевіряємо за допомогою t -критерію Стюдента. Розраховане значення t -критерію $t_{\text{розр}}$ (додаток Е, рисунок Е.1, t -статистика) порівнюємо зі значенням t -критерію, яке визначається за таблицею розподілу Стюдента (таблиця Д.1 додатку Д) і називається критичним $t_{\text{крит}} = 2,36$. Бачимо, що для двох факторів значення $|t_{\text{розр}}| > t_{\text{крит}}$. З цього слідує, що основна гіпотеза про незначущість параметрів моделі регресії відкидається, тобто відповідні фактори визнаються значимими і залишаються в рівнянні регресії [21].

Встановлюємо базові лінії споживання енергії на основі одержаного рівняння регресії (2.6).

$$Y_{\text{max(min)}} = Y^* \pm t(\alpha / 2; f) \cdot \sigma_{\text{заг}} \cdot \sqrt{[X] \cdot [D] \cdot [X]^T}, \quad (2.7)$$

де Y^* – розрахункове значення витрат електроенергії, отримані за допомогою багатфакторного рівняння регресії;

$t(\alpha / 2; f)$ – коефіцієнт розподілу Стюдента при двосторонній імовірності α і кількості ступенів свободи f ;

$\sigma_{\text{заг}}$ – середньоквадратичне відхилення індивідуальних значень фактичних витрат електроенергії від результатів моделювання за допомогою визначеного рівня регресії;

$[X]$ – матриця значень незалежних змінних (факторів), які використовуються у математичній моделі;

$[D]$ – коваріаційно-дисперсійна матриця вектора параметрів (констант) рівняння математичної моделі;

$[X]^T$ – транспонована матриця $[X]$

За допомогою MS Excel визначимо верхню та нижню межу довірчих інтервалів за формулою (2.7). Результати розрахунків зведемо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахункові дані для довірчого інтервалу

Місяць	Середньомісячна температура, °C	Кількість мешканців, чол.	Градусо-доба, °C·доба	Споживання енергії, кВт·год	Розрахункове значення споживання енергії, кВт·год	Середньоквадратичне відхилення	Нижня межа довірчого інтервалу	Верхня межа довірчого інтервалу
1	-2,4	260	694,4	315711,6	326381,3	132971,9	310062,2	342700,3
2	-3,8	262	666,4	297438,8	298439,0	132971,9	283517,1	313361,0
3	-1,9	275	678,9	329298,3	326070,3	132971,9	309766,8	342373,8
4	13,1	280	103,5	75800	72906,3	132971,9	69261,0	76551,6
5	18,8	298	0,0	74750	56991,3	132971,9	66771,1	73799,7
6	20,6	300	0,0	74070	71547,7	132971,9	67970,3	75125,1
7	21,4	305	0,0	73950	79614,1	132971,9	71597,0	79133,6
8	22,5	312	0,0	74060	90754,0	132971,9	73585,2	81331,0
9	17,3	320	0,0	75390	54054,1	132971,9	75295,4	83221,2
10	10,7	360	139,5	78350	108754,0	132971,9	82622,7	91319,9
11	0,3	380	591,0	344289	327185,8	132971,9	310826,5	343545,1
12	-2,2	380	688,2	370129,4	370539,3	132971,9	321533,5	355379,1

Зобразимо базовий рівень споживання енергії та довірчий інтервал для опалювального (рисунок 2.21) та неопалювального періодів (рисунок 2.22).

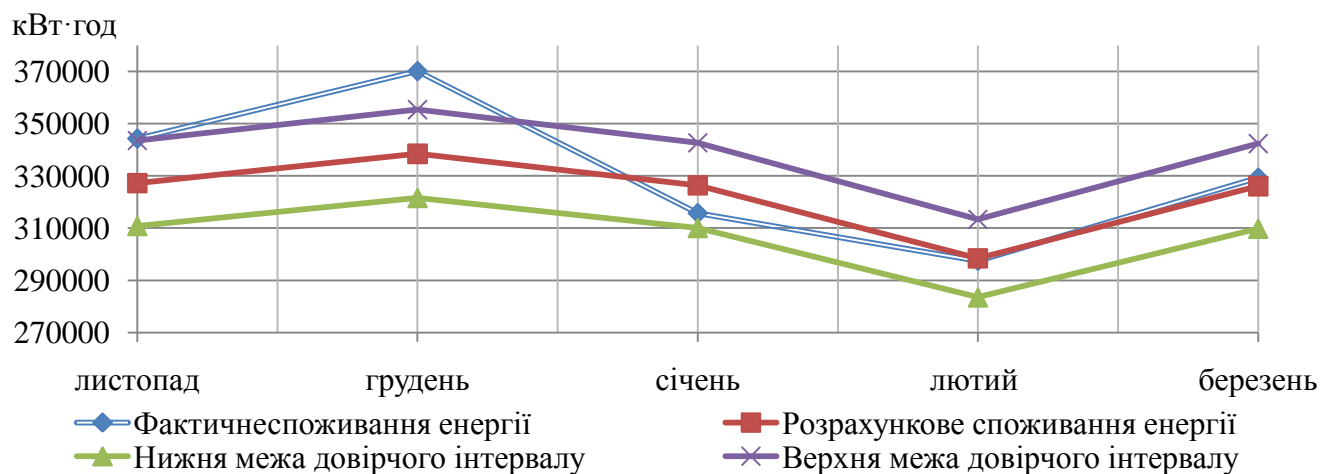


Рисунок 2.21 – Базова лінія споживання енергії в опалювальний період

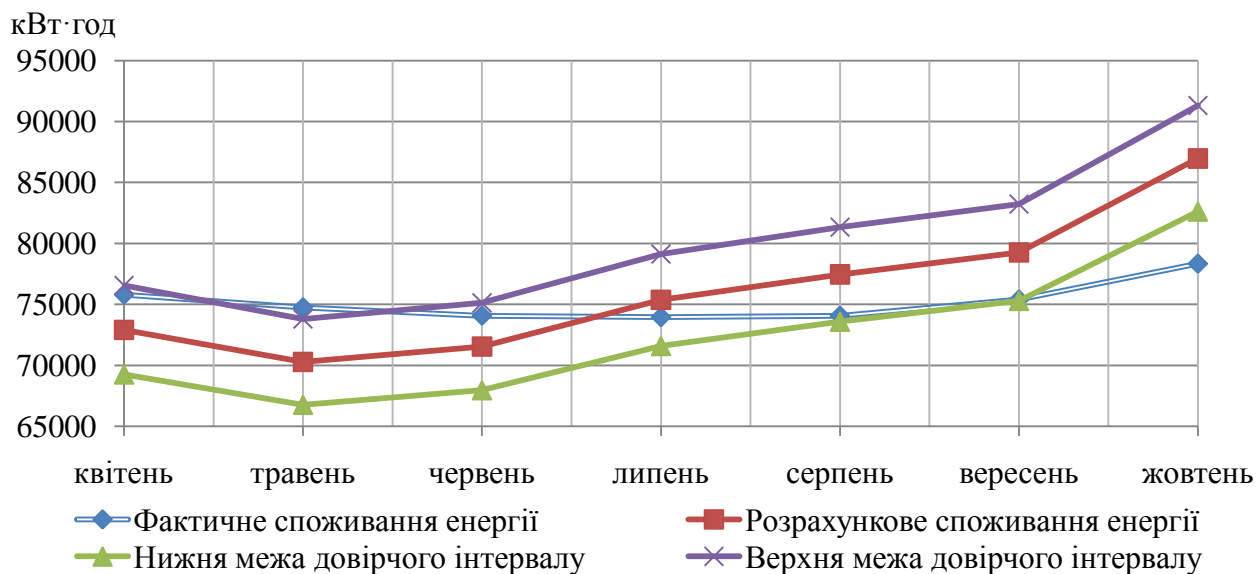


Рисунок 2.22 - Базова лінія споживання енергії в неопалювальний період

Опис обладнання для вимірювання та моніторингу енергоспоживання

На сьогодні у будинку встановлені комерційні прилади обліку, які дозволяють контролювати споживання електричної енергії, природного газу та води. Перелік та місце розташування приладів обліку наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Прилади обліку споживання енергоресурсів

Місце розташування	Ресурс, що обліковується	Клас точності	Тип (марка)	Кількість
Електрощитова	Електрична енергія	0,5S/1	МЕРКУРИЙ 230 ART-03 CLN	16
Дахова котельня	Теплова енергія, холодна вода	0,5	Тепло/водолічильник X12	1
Підвал	Холодна вода	B	Gross ETR-UA	2
Дахова котельня	Холодна вода	C	Gross MTK-UA	1
Біля будинку	Природний газ	C	Elster G1.6 G2.5 G4T	1

Аналіз ефективності використання енергії системою опалення та вентиляції

Джерело теплової енергії

Теплопостачання будівлі здійснюється модульною даховою котельнею, потужністю 2,4 МВт, що знаходиться на технічному поверсі; складається з 24 конденсаційних котлів виробника ВАТ «Укренергопром». Система теплопостачання нова, у зв'язку з тим, що будинок нещодавно збудований, тому модернізацій та замін устаткування не проводилось. Схема теплопостачання житлового будинку наведена у додатку Ж. На рисунку 2.23 зображено ряд газових котлів проточного типу, номінальною тепловою потужністю 98 кВт.



Рисунок 2.23 – Котли DISKUS-100B

Вузол теплового введення

Вузол теплового введення знаходиться на даху в котельній. Встановлено тепло лічильник SensoStar 2, фірми «Engelmann Sensor GmbH». Приєднання системи опалення виконано за залежною схемою з використанням гідроелеваторного вузла. В такій системі мережева вода із подавального трубопроводу теплової мережі поступає прямо в нагрівальні пристрої.

Запірна арматура знаходиться у задовільному стані (рисунок 2.24). Наявне автоматичне регулювання температури носія. Зниження температури подачі води на вузлі не відбувається.



Рисунок 2.24 – Запірна арматура системи теплопостачання

Внутрішньобудинкова система опалення

Внутрішня система опалення виконана двотрубною, поквартирною, з горизонтальним розведенням розподільчих труб по квартирах, двозонна: перша зона - з 1-го по 12-й поверх, друга зона - з 13-го по 24-й поверх. Система опалення спроектована на розрахункову температуру -22°C .

Магістральні труби виконані з металу. Від гребінок поквартирне розведення системи опалення – поліетиленові труби RENAU.

Виконана теплова ізоляція магістралей, що прокладені в технічному підпіллі.

Обігрів приміщень передбачено сталевими радіаторами панельного типу C22.

Встановлені терморегулятори на нагрівальних приладах у кожній квартирі.

Хімічна промивка системи опалення проводилася влітку 2019 року.

Характеристика системи вентиляції

У житловому будинку змішана вентиляція. У будівлі природній приплив свіжого повітря відбувається через нещільності та відкриті вікна. Природна витяжна вентиляція здійснюється через канали, що прокладені в товщі стін. Заходи з очищення вентиляційних каналів не здійснювались.

Загальні відомості про систему внутрішнього електропостачання будівлі

Діюча однолінійна електрична схема внутрішнього електропостачання наведена в додатку И.

Електрична шафа в електрощитовій зображена на рисунку 2.25.



Рисунок 2.25 – Загальний вигляд електричної шафи

Система освітлення

Електричне освітлення – поряд з іншими пристроями технічного оснащення житлової будівлі створює комфортні умови для перебування на території будинку: біля під'їзду, на сходових клітинах, на дитячому майданчику, у паркінгу.

Тому завдання економії електроенергії на освітлювальних установках слід розуміти так, щоб при мінімальних витратах електроенергії шляхом правильного улаштування та експлуатації освітлювальних установок забезпечити оптимальну освітленість прибудинкової території і високу якість освітлення, створити обстановку для найбільш комфортного та безпечного перебування мешканців забудови.

У таблиці 2.8 наведено перелік джерел освітлення на території житлового будинку.

Таблиця 2.8 - Перелік джерел освітлення ОСББ «Гарматна-Західна»

Місце установки	Тип ламп	Кількість	Загальна потужність, кВт
Вуличне освітлення	ДРЛ-70	8	0,56
Паркінг	ЛБ-18	100	1,8
Холодні перекриття	LED-4	46	0,184
Сходові клітини	LED-9	472	4,248
Біля ліфтів	LED-18	46	0,828

Розвиток системи енергетичного менеджменту

На етапі проведення огляду об'єкту була надана інформація стосовно великої кількості лічильників на електричну енергію. Працівникам важко контролювати споживання по кожному з лічильників та зводити дану інформацію щомісячно. Тому пропонується встановлення автоматичної системи контролю і обліку електроенергії (АСКУЕ). За допомогою даної системи зібранні з приладів обліку данні транслюються у центр збору для консолідації та подальшої обробки по мережі GSM/GPRS або будь-якими іншими доступними каналами зв'язку.

Зважаючи на вказані недоліки в існуючій системі управління енерговикористанням вважаємо за доцільне рекомендувати голові правління ОСББ здійснити удосконалення системи обліку споживання енергоресурсів шляхом впровадження технічного обліку, а також впровадити систему енергетичного менеджменту, що буде відповідати вимогам міжнародного стандарту ДСТУ ISO 50001:2018 «Системи енергетичного менеджменту» [22].

Основна мета енергетичного менеджменту на об'єкті - виявлення і реалізація можливостей в управлінні резервами енерговикористання.

Порядок впровадження міжнародного стандарту ДСТУ ISO 50001:2018 «Системи енергетичного менеджменту» наведено на рисунку 2.26.

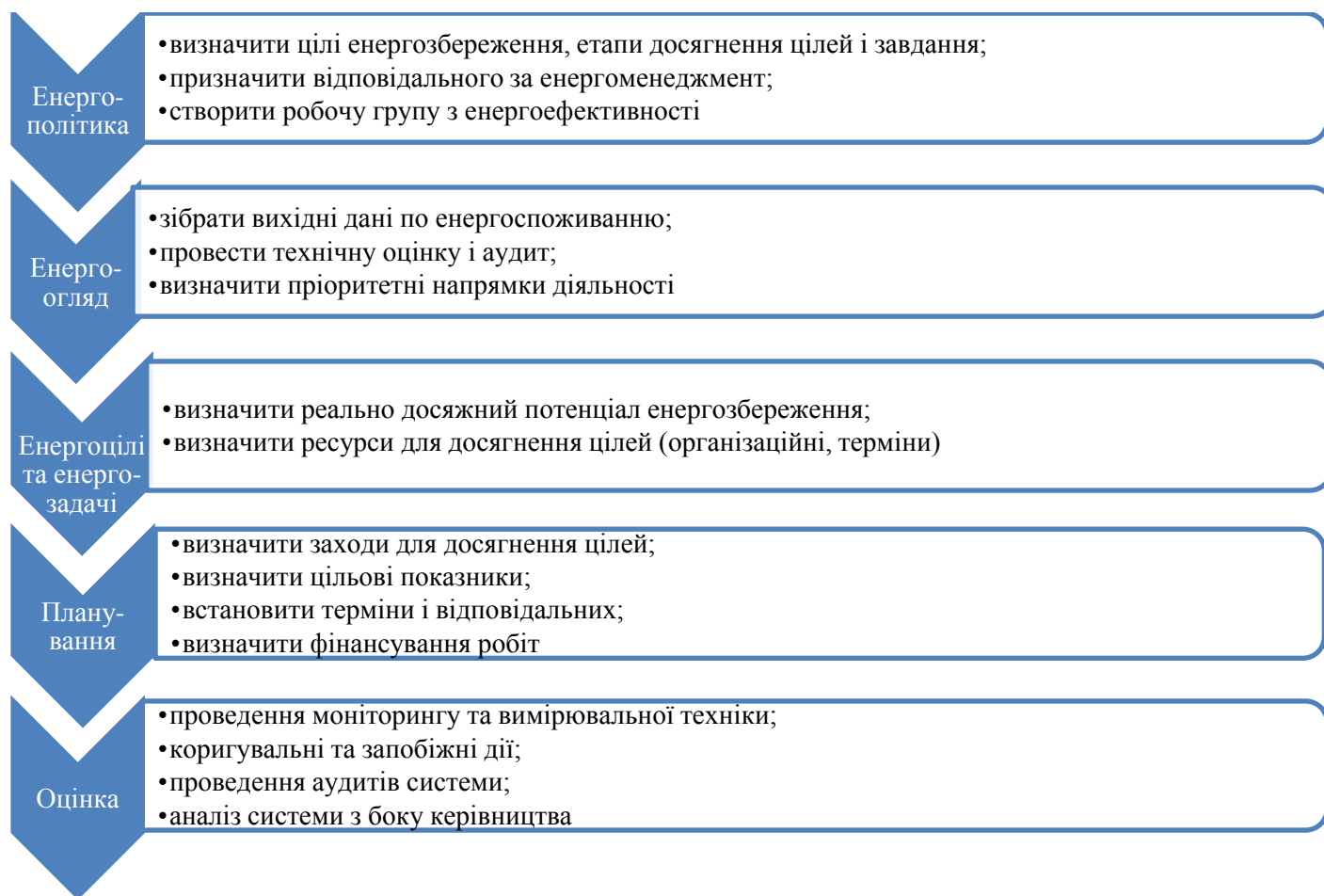


Рисунок 2.26 – Блок-схема порядку впровадження міжнародного стандарту ДСТУ ISO 50001 «Системи енергетичного менеджменту»

Питання економії енергоресурсів розглядаються при цьому з позицій системного підходу, управління енергозбереженням, як складової частини управління витратами.

Результатом такого управління повинно з'явитися поліпшення фінансового становища ОСББ та більших можливостей.

Енергоменеджмент як управлінський процес, який передбачає послідовне виконання, циклічність і координацію планування, створення адекватних структур управління, механізмів симулювання і контролю над раціональним витрачанням паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), що спирається на облік витрат, планування, контроль і аналіз, не заслужив на об'єкті належного визнання [23].

Ознаки наявності енергетичного менеджменту у житловому будинку відсутні (немає енергетичної політики, відсутня організаційна структура). Наслідком цього є втрата можливості знизити енергоспоживання і витрати коштів ОСББ в секторі енергоспоживання.

У поточному стані житлового будинку перспективи ефективного енергоменеджменту пов'язані з розробкою і впровадженням заходів, де переважає ефект економії енергії та витрат на її оплату.

Більш докладно потенційність впровадження системи енергетичного менеджменту для об'єкту дослідження описана у заходах з енергоефективності.

2.3 Розроблення заходів з енергоефективності

2.3.1 Попередня діяльність, пов'язана з енергоефективністю

Головний інженер ОСББ «Гарматна-Західна» провів значну роботу для скорочення витрат коштів на енергоресурси. На момент проведення обстеження вже виконано:

- замінену люмінесцентних ламп на світлодіодні джерела світла у місцях загального користування (окрім паркінгу);
- хімічну промивку системи опалення;
- перевірку на якість та властивості води для системи опалення;
- заміну підшипників циркуляційних насосів.

Однак для подальшого розвитку енергетичної інфраструктури житлового будинку та скорочення витрат є ще значні резерви, що більш детально наведені далі у магістерській дисертації.

2.3.2 Заходи з енергоефективності

Нижче наведено детальний опис, оцінку енергетичного та економічного ефекту від реалізації запропонованих ЗЕЕ. В залежності від специфіки конкретного заходу, а також трудомісткості здійснення оцінки енергетичного та економічного ефекту від реалізації запропонованих ЗЕЕ, енергетичний та економічний ефект кожного з заходів, а також витрати на його реалізацію,

визначався або розрахунковим шляхом (де це можливо та економічно доцільно), або із застосуванням оціночних укрупнених показників (відсотків економії), якщо визначення енергетичного та економічного ефекту від реалізації запропонованих ЗЕЕ є досить трудомістким і на цьому етапі енергоаудиту більш глибока оцінка не є доцільною та можливою (зважаючи на термін виконання робіт, а також відведені для цього кількість людино-днів відповідно до договору).

При розрахунку заходів з енергозбереження враховувались:

- капітальні витрати;
- експлуатаційні витрати (де це доцільно);
- економія витрат;
- простий термін окупності;
- дисконтований термін окупності;
- внутрішня норма рентабельності (*IRR*);
- чиста приведена вартість (*NPV*).

Також, в розрахунках приймався однаковий розрахуноковий період для заходів з енергозбереження. Ставка дисконту приймалась однаковою для всіх заходів і становить 18%.

ЗЕЕ №1 - Утеплення підлоги

Перекриття першого поверху розташоване над неопалювальним паркінгом, який розташований під всією площею будівлі. Середній коефіцієнт теплопередачі

підлоги складає $k_{\text{п}} = 1,79 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, що значно перевищує розрахунковий

нормативний коефіцієнт теплопередачі для перекриття над неопалювальними

підвалами, що знаходяться вище рівня землі складає $k_{\text{н}} = 0,27 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено відповідно [2].



Рисунок 2.27 – Утеплення підлоги мінеральною ватою

Теплова ізоляція дозволить зменшити наднормові втрати тепла через перекриття першого поверху над неопалювальним приміщенням (рисунок 2.27). Запропоновано використати мінеральну вату TERMOLIFE товщиною 150 мм, ціна за м² якої складає 126,75 грн. Площа підлоги, яку необхідно вкрити тепловою ізоляцією складає 1418,4 м².

Інвестиції:

– розробка/планування	15 000 грн.
– управління проектом	15 000 грн.
– обладнання	400 000 грн.
– встановлення	150 000 грн.
– інспектування і випробування	20 000 грн.
– виконавча документація	20 000 грн.
– інші видатки	50 000 грн.
Загальні	670 000 грн.

Загальний термін служби – 15 років.

Даний захід експлуатаційних витрат не потребує.

Розрахуємо термічний опір з урахуванням ізоляції:

$$R_{\pi} = \frac{1}{6} + \frac{0,22}{1,2} + \frac{0,05}{0,58} + \frac{0,01}{1,05} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{1}{8,7} = 3,89 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі за формулою (2.3):

$$k_{\pi} = \frac{1}{3,89} = 0,26 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Розрахуємо тепловтрати з новими коефіцієнтами теплопередачі за формулою (2.1):

$$Q_{\pi}^{\text{ут}} = \frac{1418,4}{3,89} \cdot (20 + 22) \cdot 1 = 15314,3 \text{ Вт}.$$

Сумарні тепловтрати через підлогу до утеплення: $\Sigma Q^* = 106380 \text{ Вт}.$

Розрахуємо економію природного газу через теплову енергію за формулою (2.8):

$$Q_{\text{ек}} = \frac{(Q_{\pi} - Q_{\pi}^{\text{ут}}) \cdot n_{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot 4184}{1163 \cdot 37} \text{ м}^3/\text{рік}. \quad (2.8)$$

$$Q_{\text{ек}} = \frac{(106380 - 15314,3) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 330,7 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}} = 1383854,7 \frac{\text{МДж}}{\text{рік}} = 37401,5 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}.$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$E = Q_{\text{ек}} \cdot C_{\text{м}^3} = 37401,5 \cdot 5,97008 = 223289,8 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Виконаємо фінансовий аналіз заходу з утеплення підлоги.

Грошовий потік визначається як різниця між економією, капітальними витратами і експлуатаційними витратами.

Кумулятивний грошовий потік обчислюється як сума грошових потоків i -х років.

Дисконтований грошовий потік визначається як добуток грошового потоку і коефіцієнту дисконту.

Кумулятивний дисконтований грошовий потік — сума дисконтованих грошових потоків.

Розрахуємо простий термін окупності.

Як бачимо з таблиці К.1 додатку К, кумулятивний грошовий потік міняє своє значення з негативного на позитивне між 3-м і 4-м роками, тому простий термін окупності капітальних вкладень дорівнюватиме:

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = 3 \text{ роки } X \text{ місяців.}$$

$$12 \text{ місяців} - 223\,289,8 \text{ грн.}$$

$$X \text{ місяців} - 130,6 \text{ грн.}$$

$$X = \frac{12 \cdot 130,6}{223\,289,8} = 0,007 \text{ місяців.}$$

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} \approx 3 \text{ роки}$$

Кумулятивний грошовий потік, що дисконтується, міняє своє значення з негативного на позитивне між 4-м і 5-м роками (таблиця К.1 додатку К), тому динамічний термін окупності капітальних вкладень дорівнюватиме:

$$T_{\text{ок}}^{\text{дин}} = 4 \text{ роки } Y \text{ місяців.}$$

$$12 \text{ місяців} - 97\,602,0 \text{ грн.}$$

$$Y \text{ місяців} - 69\,336,6 \text{ грн.}$$

$$Y = \frac{12 \cdot 69\,336,6}{97\,602,0} = 8,5 \text{ місяців.}$$

Тоді динамічний термін окупності:

$$T_{\text{ок}}^{\text{дин}} = 4 \text{ роки } 9 \text{ місяців.}$$

Для оцінки ефективності проекту визначимо чисту приведену вартість проекту, яка покаже чи вигідний є проект, і чи принесе він прибуток. Чиста приведена вартість розраховується як сума дисконтованого грошового потоку:

$$NPV_1 = \sum_{i=0}^{15} CF_i^{\text{д}} = -670\,000 + \dots + 18\,648,3 = 466\,897,3 \text{ грн.}$$

Так як $NPV > 0$, робимо висновок, що проект принесе прибуток.

Знайдемо внутрішню норму рентабельності. Для цього приймаємо ставку дисконту $i = 34\%$. Розрахунки зведемо в таблицю К.2 (додаток К).

Знайдемо чисту приведену вартість:

$$NPV_2 = \sum_{i=0}^{15} CF_i^{\partial} = -670000 + \dots + 2768,8 = -21409 \text{ грн.}$$

В результаті розрахунків отримали такі дані:

$$i = 18\% - \text{ЧПВ} = 466\,897,3 \text{ грн.}$$

$$i = 34\% - \text{ЧПВ} = -21\,409 \text{ грн.}$$

Розрахуємо внутрішню норму рентабельності:

$$IRR = A + \frac{a(B - A)}{(a - b)},$$

де А – величина ставки дисконту, за якої ЧПВ додатня;

В – величина ставки дисконту, за якої ЧПВ від’ємна;

а – величина додатної ЧПВ, за величини ставки дисконту А;

б – величина від’ємної ЧПВ, за величини ставки дисконту В.

$$IRR = 18 + \frac{466897,3 \cdot (34 - 18)}{(466897,3 + 21409)} = 33,3\%.$$

Як бачимо, результати розрахунків показали, що внутрішня норма рентабельності більша за ставку дисконту, $33,3\% > 18\%$. Отже, захід з утеплення підлоги є прибутковим.

ЗЕЕ №2 – Заміна металевих дверей на металопластикові фірми Rehau Brillant-Design

На холодних балконах встановлено металеві двері в кількості 62 шт., загальною площею $248,0 \text{ м}^2$. Термічний опір дверей складає $0,158 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, що не відповідає нормативному значенню. Крім того двері мають щілини товщиною до 5 мм по периметру (рисунок 2.28). Згідно з ДБН В.2.6-31:2016 нормативне значення термічного опору для даного регіону складає $-0,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$. Зважаючи на не відповідність опору теплопередачі, загальний стан вхідних дверей можна охарактеризувати як незадовільний.



Рисунок 2.28 – Зовнішній вигляд металевих дверей

Завдяки комбінації багатокамерного ПВХ профілю із енергозберігаючим склопакетом та ущільнювачів, металопластикові двері захистять коридори до холодних перекриттів, а тим самим і квартири мешканців будівлі від втрати тепла та зовнішніх шумових подразників.

Інвестиції:

– розробка/планування	10 000 грн.
– обладнання	310 000 грн.
– встановлення	10 000 грн.
– інші видатки	10 000 грн.
Загальні	340 000 грн.

Загальний термін служби – 15 років; фурнітура здатна витримувати 20 тис. відкривань.

Теплоізоляція профілю Rehau Brillant-Design становить $R_0=0,7$ ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт.

Виконаємо фінансовий аналіз заходу по заміні дверей аналогічно розрахунку наведеному в п. 2.3.2 Результати зведемо в таблиці К.3 та К.4 (додаток К).

Чиста прибуткова вартість невід’ємна, а значить, що внутрішня норма рентабельності більша за ставку дисконту. Запропонований захід окупиться протягом 2 років 9місяців.

ЗЕЕ №3 – Заміна віконних конструкцій

Середній коефіцієнт теплопередачі світлопрозорих конструкцій становить $k_v = 1,62 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, що значно перевищує розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі $k_n = 1,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$. Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено відповідно [2].

Пропонуємо замінити існуючі 2-камерні склопакети з термічним опором $R_n = 0,62 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, на металопластикові вікна REHAU - $R_n = 0,83 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ (рисунок 2.29).

Вартість 1м^2 металопластикового вікна REHAU – 1500 грн.

Профільна система: Euro-Design 70 ширина 70 мм, камер – 5.

Склопакет: 2-камерний енергозберігаючий з аргоном 32 мм 4i-10Ar-4-10Ar-4i.

Загальна площа світлопрозорих конструкцій – 2676 м^2 .



Рисунок 2.29 – Розріз 2-камерного склопакета

Інвестиції:

– розробка/планування	20 000 грн.
– управління проектом	20 000 грн.
– обладнання	3 909 000 грн.
– встановлення	25 000 грн.
– інші видатки	40 000 грн.
Загальні	4 014 000 грн.

Загальний термін служби – 15 років.

Виконаємо фінансовий аналіз заходу заміни вікон аналогічно розрахунку наведеному в п. 2.3.2. Результати зведемо в таблиці К.5 та К.6 додатку К.

З розрахунків видно, що $NPV < 0$, $IRR < i$, отже, даний захід не окупиться за 15 років, тому модернізацію віконних конструкцій робити не рентабельно.

ЗЕЕ №4 – Утеплення зовнішніх стін

Середній коефіцієнт теплопередачі стін $k_{ст} = 0,315 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ перевищує розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі $k_H = 0,303 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$. Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено відповідно [2].

Додатковий шар ізоляції дозволить зменшити наднормові втрати тепла через зовнішні стіни будинку. Площа зовнішніх стін, які необхідно вкрити тепловою ізоляцією, складає 12388 м^2 . Пропонується використовувати базальтову вату ТехноНіколь, в якості утеплювача, ($\lambda = 0,038 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$) товщиною 100 мм.

Інвестиції:

– розробка/планування	15 000 грн.
– управління проектом	23 000 грн.
– обладнання	2 500 000 грн.
– встановлення	1 651 700 грн.

– виконавча документація	12 000 грн.
– інші видатки	5 000 грн.
Загальні	4 206 700 грн.

Загальний термін служби – 15 років.

Розрахуємо термічний опір для утепленої стіни:

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,4}{0,18} + \frac{0,1}{0,038} + \frac{1}{8,7} = 5,04 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі складає:

$$k_{\text{ст}} = \frac{1}{5,04} = 0,198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Виконаємо фінансовий аналіз заходу з утеплення зовнішніх стін аналогічно розрахунку наведеному в п. 2.3.2. Результати зведемо в таблиці К.7 та К.8 додатку К.

З розрахунків видно, що $NPV < 0$, $IRR < i$, отже, даний захід не окупиться за 15 років, тому утеплювати зовнішні стіни не рентабельно.

ЗЕЕ №5 – Модернізація системи освітлення

Сучасним джерелом освітлення являються світлодіодні лампи. На об'єкті дослідження використовуються дугові ртутні лампи (ДРЛ-70) для зовнішнього освітлення та люмінесцентні лампи в паркінгу (ЛБ-18). Інше освітлення – LED-лампи.

Пропонуємо замінити джерела світла на LED-лампи (таблиця 2.9), перевагами яких є більш довгий термін служби, екологічно безпечні, незмінний світловий потік протягом усього терміну експлуатації, а також відсутнє мерехтіння, що є небезпечним для зору.

Інвестиції:

– розробка/планування	3 000 грн.
– обладнання	12 000 грн.
– встановлення	2 000 грн.
– інші видатки	5 000 грн.
Загальні	22 000 грн.

Загальний термін служби – 3 роки.

Таблиця 2.9 – Порівняльна характеристика джерел світла

До впровадження заходу	Після впровадження заходу
ДРЛ-70: Потужність - 70 Вт Світловий потік - 2700 лм Термін служби – 15 000 год. Ціна – 60 грн./шт.	SKYNIGH-30-060 2700Лм: Потужність - 30 Вт Світловий потік - 2700 лм Термін служби – 30 000 год. Ціна – 350 грн./шт.
ЛБ-18: Потужність - 18 Вт Світловий потік - 980 лм Термін служби – 9 000 год. Ціна – 20 грн./шт.	LEDtube 600mm 8W 765 T8 AP I G: Потужність - 8 Вт Світловий потік - 800 лм Термін служби – 15 000 год. Ціна – 84 грн./шт.

Потужність, яку споживають лампи ДРЛ-70 та ЛБ-18:

$$W_1 = 20586 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Розрахуємо потужність, яку споживають нові лампи (припустимо, що лампи внутрішнього освітлення працюють в середньому 8760 годин на рік, а лампи зовнішнього освітлення - 3650 годин на рік):

$$W = N \cdot T \cdot K_z \cdot P,$$

$$W_2 = 100 \cdot 8760 \cdot 1 \cdot 0,008 = 7008 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік},$$

$$W_3 = 8 \cdot 3650 \cdot 1 \cdot 0,03 = 876 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік},$$

Визначимо кошти, які були зекономлені:

$$\Delta W = W_1 - W_2 - W_3 = 20586 - 7008 - 876 = 12702 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Розрахунок річної економії витрат.

Розрахуємо економію в грошовому еквіваленті:

$$E = \Delta W \cdot b = 12702 \cdot 1,68 = 21339,4 \text{ грн} / \text{рік},$$

де b – тариф на електроенергію, грн/кВт·год.

Виконаємо фінансовий аналіз заходу з модернізації системи освітлення аналогічно розрахунку наведеному в п. 2.3.2. Результати зведемо в таблиці К.9 та К.10 додатку К.

Проаналізувавши розрахунки маємо: чиста прибуткова вартість невід’ємна, внутрішня норма рентабельності більша за ставку дисконту, тому захід є прибутковий, термін окупності складає 1 рік 2 місяці.

2.4 Побудова системи моніторингу витрат енергоносіїв відповідно до ДСТУ ISO 50006:2016

Для побудови системи моніторингу витрат енергетичних носіїв житлової будівлі необхідно скористатися циклом, наведеним на рисунку 2.30 [24]. Першим кроком необхідно зібрати вихідну інформацію: визначити постійні та змінні фактори, які впливають на споживання енергії, зібрати та опрацювати данні протягом певного періоду (таблиця 2.10). До постійних факторів належать: площа та об’єм будівлі, кількість квартир, кількість днів у конкретному календарному місяці, до змінних – середньомісячна температура, градусо-доби, кількість мешканців, які проживають у будівлі. Збирання даних по об’єкту виконується за допомогою лічильників, встановлених для обліку енергоресурсів; накопичення – за допомогою інформаційних технологій таких як Data Base (DB), On-line Analytical Processing (OLAP), Data Ware House (DWH), SCADA [25].

Другим кроком визначаємо показники енергоефективності. Енергоспоживання для електроприймачів, споживання палива котлами – виміряні значення енергії лічильниками. Знаючи фактичні показники та впровадивши заходи з енергозбереження, можна розрахувати зекономлену енергію та терміни окупності даних заходів. За допомогою обчислень знаходимо питоме споживання первинної енергії.

Для того щоб встановити базовий рівень енергоспоживання необхідно:

- визначити встановлені цілі – знизити споживання енергії на 5%;
- визначити базовий період - опалювальний та неопалювальний;

- зібрати необхідні дані;
- визначити та перевірити базовий рівень енергоспоживання.

Базовий рівень енергоспоживання за 2019 рік визначимо по аналогії з п.2.2. Дані для регресійного аналізу зібрані та зведені до таблиці 2.10. Результати регресійного аналізу наведені в додатку Л (рисунок Л.1 та Л.2). За опалювальний період рівень енергоспоживання зображено на рисунку 2.31, за неопалювальний – рисунок 2.32. Графіки побудовані за даними, наведеними в таблиці 2.11.

Таблиця 2.10 – Енергоспоживання у 2019 році та фактори, що впливають на нього

Місяць	Загальне споживання енергії, кВт·год	Середньомісячна температура, °C	Тривалість світлового дня, с	Кількість мешканців, чол.	Градусо- доба, °C·доба
2019	Y	X_1	X_2	X_3	X_4
1	379630	-3,1	30913,1	790	716,1
2	320334	-4,3	36259,8	800	680,4
3	344264,4	-2,6	42866,2	800	700,6
4	87120	11,6	49756,5	800	126,0
5	85920	20,4	55758,5	835	0,0
6	85130	21,3	58930,3	835	0,0
7	84500	20,5	57371,3	855	0,0
8	84780	22,1	52070,0	880	0,0
9	86460	18,2	45448,8	890	0,0
10	87310	10,9	38611,1	900	136,5
11	356989,6	-0,1	32469,8	900	603,0
12	394828,2	-1,9	29148,0	900	678,9

Таблиця 2.11 – Базовий рівень енергоспоживання у 2019 році

Місяць	Середньомісячна температура, °C	Кількість мешканців, чол.	Градусо-доба, °C·доба	Споживання енергії, кВт·год	Розрахункове значення споживання енергії, кВт·год	Середньоквадратичне відхилення	Нижня межа довірчого інтервалу	Верхня межа довірчого інтервалу
1	-3,1	790	716,1	379630	394521	141845,0	374795,0	414247,1
2	-4,3	800	680,4	320334	350688,203	141845,0	333153,8	368222,6
3	-2,6	800	700,6	344264,4	377987,037	141845,0	359087,7	396886,4
4	11,6	800	126,0	87120	88583	141845,0	84153,9	93012,2
5	20,4	835	0,0	85920	87654	141845,0	83271,3	92036,7
6	21,3	835	0,0	85130	85463	141845,0	81189,9	89736,2
7	20,5	855	0,0	84500	85214	141845,0	80953,3	89474,7
8	22,1	880	0,0	84780	86410	141845,0	82089,5	90730,5
9	18,2	890	0,0	86460	89413	141845,0	84942,4	93883,7
10	10,9	900	136,5	87310	88641	141845,0	84209,0	93073,1
11	-0,1	900	603,0	356989,6	367891,3	141845,0	349496,7	386285,9
12	-1,9	900	678,9	394828,2	403651,2	141845,0	383468,6	423833,8

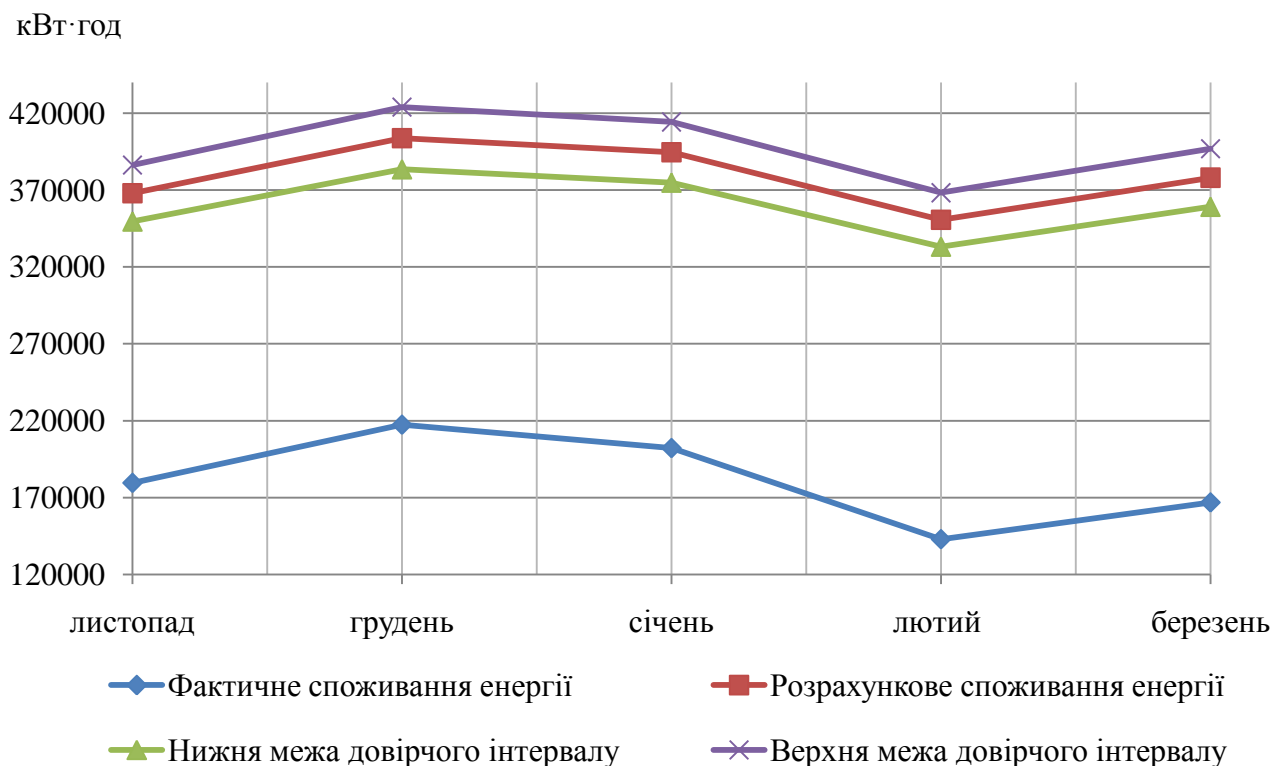


Рисунок 2.31 – Рівень енергоспоживання в опалювальному періоді 2019 року

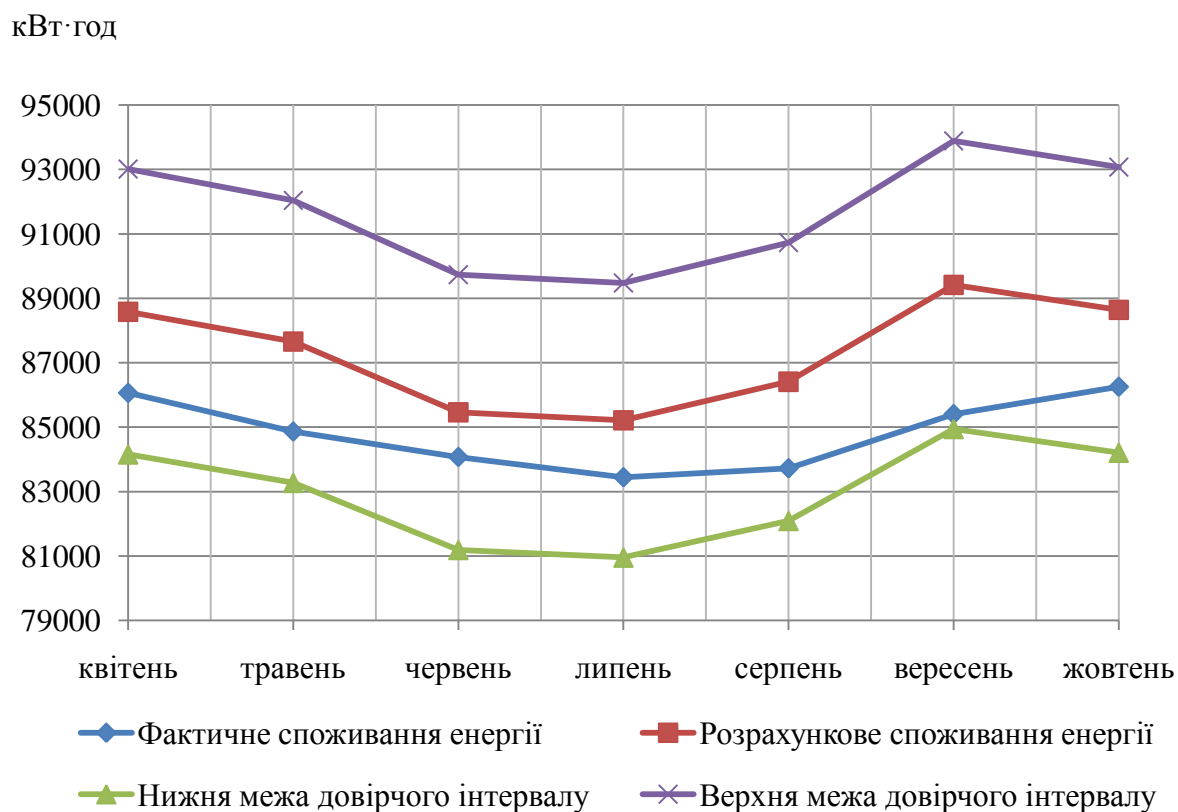


Рисунок 2.32 – Рівень енергоспоживання в неопалювальному періоді 2019 року

Наступним кроком аналізуємо побудований графік енергоспоживання двох базових періодів, визначаємо які суттєві зміни відбулися. Отже, після впровадження заходів з енергоефективності бачимо явне зниження споживання енергії в опалювальному періоді (лінія фактичного споживання енергії знаходиться нижче нижньої межі довірчого інтервалу), оскільки ЗЕЕ були зорієнтовані на економію теплової енергії.

Завершальним кроком є контроль системи моніторингу витрат енергоносіїв житлової будівлі, адже проведення енергетичного аудиту без моніторингу не є ефективним процесом. Контроль здійснюємо за допомогою графіку CUSUM – кумулятивної суми (рисунок 2.33). Цей графік характеризує тенденцію зміни в часі результатів енергозбереження, фактично досягнутих на об'єкті [26].

Побудова графіка CUSUM базується на покроковому визначенні та накопиченні відхилень, які виникають між фактичними та отриманими на основі відповідного базового рівня обсягами електроспоживання на об'єкті. При цьому величина відхилення фактичного обсягу споживання електроенергії відносно встановленого базового рівня для деякого i -того періоду буде рівна [26]:

$$\Delta W_i = W_{\text{факт.}i} - W_{\text{прогноз.}i}; \quad (2.9)$$

де $W_{\text{факт.}i}$ - фактичний обсяг споживання електроенергії за відповідний період;

$W_{\text{прогноз.}i}$ - прогнозна величина електроспоживання з той же період, визначена за встановленим базовим рівнем.

Розрахунок значення кумулятивної суми відхилень фактичного споживання електроенергії ΔW_i на k -му кроці контролю виконання встановленого базового рівня електроспоживання виконується за формулою [26]:

$$\Delta W_{\Sigma k} = \sum_{i=1}^k \Delta W_i = \Delta W_{\Sigma k-1} + \Delta W_k; \quad (2.10)$$

де $\Delta W_{\Sigma k}$ - сумарне відхилення споживання електроенергії від його базового рівня отримане протягом минулих k періодів контролю;

ΔW_i - відхилення споживання електроенергії від базового рівня на i -му кроці контролю;

$\Delta W_{\Sigma k-1}$ - сумарне відхилення фактичних обсягів споживання електроенергії від базового рівня, отримане протягом минулих $k-1$ періодів контролю;

ΔW_k - відхилення споживання електроенергії від базового рівня на k -му кроці контролю.

За приведеною вище методикою за допомогою MS Excel розрахуємо значення кумулятивної суми відхилень фактичного споживання електроенергії на кожному кроці контролю відповідно до формул (2.9) та (2.10). Результати розрахунків зведемо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Дані для побудови графіка CUSUM

Споживання електроенергії	Розрахункове значення спожитої електроенергії	ΔW_i	$\Delta W_{\Sigma k}$
379630,0	394521,0	-14891,0	-14891,0
320334,0	350688,2	-30354,2	-45245,2
344264,4	377987,0	-33722,6	-78967,8
87120,0	88583,0	-1463,0	-80430,8
85920,0	87654,0	-1734,0	-82164,8
85130,0	85463,0	-333,0	-82497,8
84500,0	85214,0	-714,0	-83211,8
84780,0	86410,0	-1630,0	-84841,8
86460,0	89413,0	-2953,0	-87794,8
87310,0	88641,0	-1331,0	-89125,8
356989,6	367891,3	-10901,7	-100027,5
394828,2	403651,2	-8823,0	-108850,5

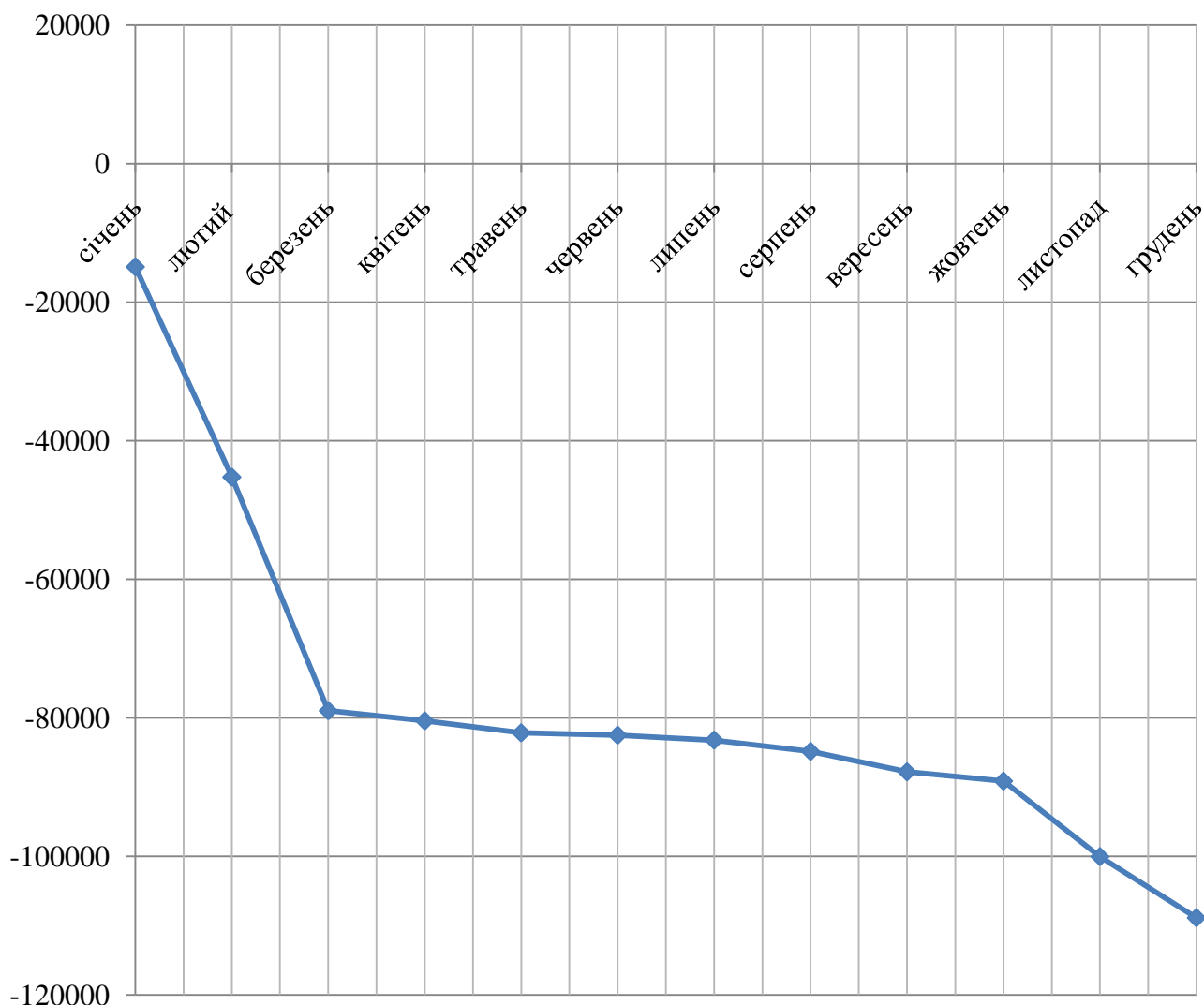


Рисунок 2.33 – Графік кумулятивної суми

На основі даних таблиці 2.12 побудовано графік кумулятивної суми (рисунок 2.33). У зв'язку з тим, що на кожному кроці величина $\Delta W_{\Sigma k}$ є від'ємною, можна сказати, що економія енергоресурсів відбувається.

По закінченню пройдених вище етапів необхідно постійно покращувати рівень досягнутої енергоефективності.

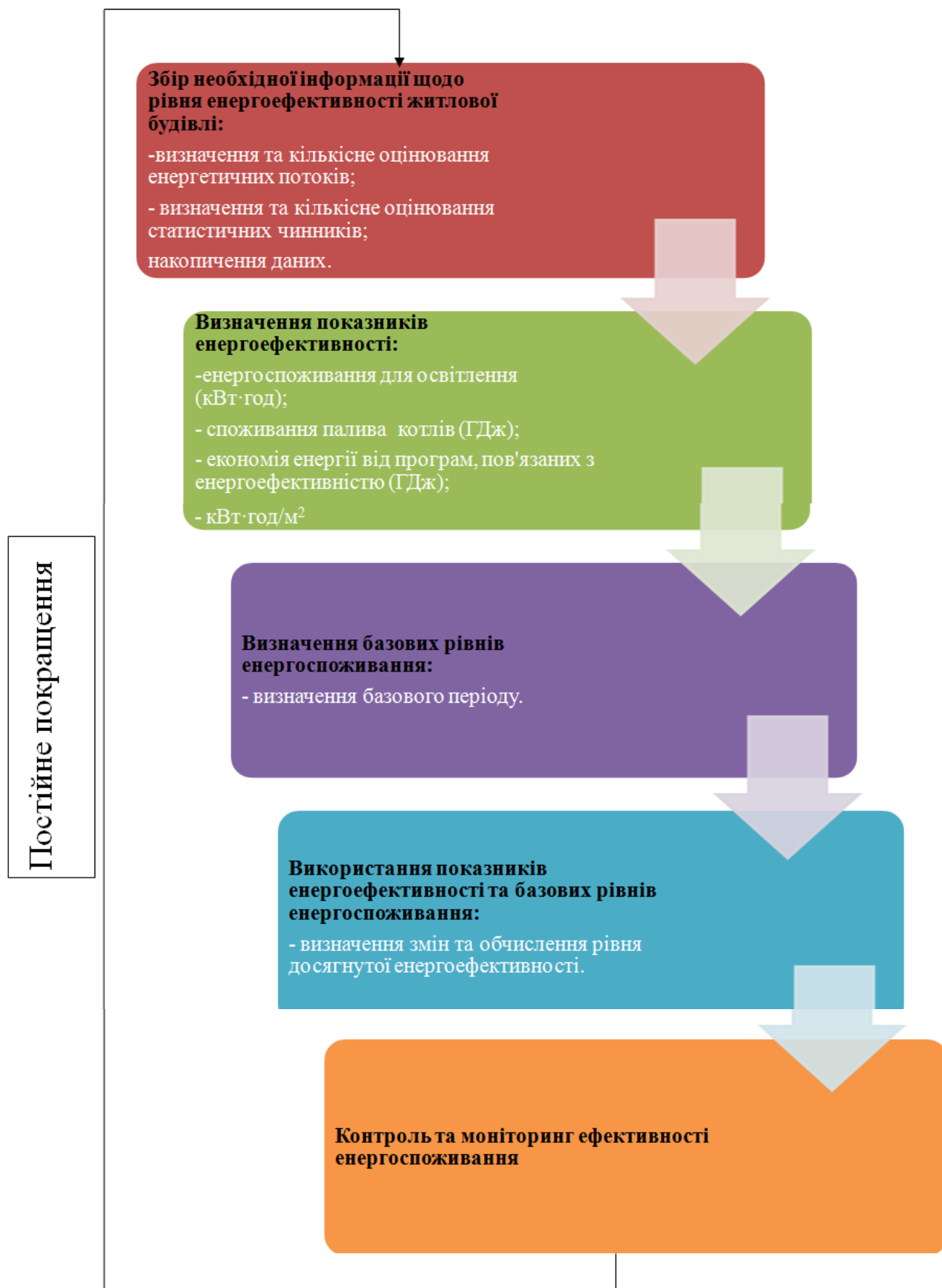


Рисунок 2.30 – Схема вимірювання рівня досягнутої енергоефективності

Висновки до розділу 2

У другому розділі було описано проведення енергетичного аудиту на території житлового будинку міста Києва. Побудовано графіки споживання паливно-енергетичних ресурсів за останні 3 роки. Визначено тепловтрати через огорожувальні конструкції та побудовано тепловий та електричний баланси. За допомогою регресійного аналізу знайдені базові лінії споживання енергії. На основі отриманих результатів запропоновані заходи для підвищення енергетичної ефективності. Побудовано систему моніторингу витрат енергоносіїв для житлового будинку.

Типові заходи зведені у таблицю 2.13. Як видно, не всі окремі заходи швидко окупляться, тому необхідно робити комплексну термосанацію житлової будівлі.

Таблиця 2.13 – Запропоновані заходи з енергозбереження

№, п/п	Назва заходу	Інвестиції, грн.	Економія, грн./рік	Простий термін окупності, років	Чиста приведена вартість <i>NPV</i> , грн.	Внутрішня норма рентабельності <i>IRR</i> , %
1	Заміна віконних конструкцій	4 014 000	112 460,3	35 років	-3441399,7	-----
2	Утеплення зовнішніх стін	4 206 700	148 685,8	28 років	-3449654,7	-----
3	Утеплення підлоги	670 000	223 289,8	3 роки	466897,3	33,3
4	Заміна металевих дверей на металопластикові	340 000	125 158,2	2 роки 9 місяців	297252,7	36,7
5	Модернізація системи освітлення	22 000	19 279	1 рік 2 місяці	19917,8	80,8

3 ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОПАЛЕННІ, ОХОЛОДЖЕННІ ТА ГАРЯЧОМУ ВОДОПОСТАЧАННІ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

3.1 Розрахунок характеристик теплопередачі, теплонадходжень та динамічних параметрів

3.1.1 Розрахунок теплопередачі трансмісії

У загальному випадку коефіцієнт теплопередачі трансмісією H_x розраховується за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \sum_i A_i (U_i + \Delta U_{tb}), \quad (3.1)$$

де A_i - площа i -го елемента оболонки будівлі, m^2 ;

U_i - приведений коефіцієнт теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі,

$W/(m^2 \cdot K)$, $U_i = \frac{1}{R_{\Sigma}}$;

ΔU_{tb} - додаткова складова за замовчуванням до коефіцієнта теплопередачі непрозорих конструкцій, що враховує вплив теплопровідних включень, $W/(m^2 \cdot K)$, розрахункові значення наведені в таблиці 4 [27].

R_{Σ} - приведений опір теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, $m^2 \cdot K/W$, визначається згідно з [28]. Опори були розраховані у п. 2.2.

$b_{tr,x}$ - поправочний коефіцієнт, що становить:

- $b_{tr,x} = 1$ при розрахунках H_D ;

- $b_{tr,x} = 1$ при розрахунках H_g , H_U , H_A значення має визначатися згідно з [27].

Розрахуємо коефіцієнт теплопередачі трансмісією зовнішньої стіни за формулою (3.1):

$$H_x = 1 \cdot 12388 \cdot (0,31 + 0,15) = 5753,8 \text{ Вт/К.}$$

Виконаємо розрахунок для інших огорожувальних конструкцій будівлі та зведемо результати в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики теплопередачі трансмісією

№, п/п	Вид огорожувальної конструкції	$A_i, \text{м}^2$	$R_{\Sigma},$ $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$U,$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\Delta U_{tb},$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$b_{tr,x,H}$	$H_{x,H},$ $\text{Вт}/\text{К}$
1	Зовнішні стіни	12388	3,18	0,31	0,15	1	5753,8
2	Перекрыття холодного горища	1190	1,81	0,55	0,15	0,9	752,4
3	Перекрыття над техпідпіллям	817	0,917	1,09	0	1	891,2
4	Світлопрозорі конструкції	1676	0,62	1,61	-	1	2703,2
5	Світлопрозорі конструкції за заскленими балконами та лоджіями	1000	0,62	1,61	-	0,85	1371,0
6	Вхідні двері	284	0,35	2,86	-	1	811,4

Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією розраховується за формулою:

$$H_{tr,adj,H} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (3.2)$$

де H_D - безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

H_g - стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

H_U - узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

H_A - узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

$$H_{tr,adj,H} = 5753,8 + 52,4 + 891,2 + 8703,2 + 1371,0 + 811,4 = 12283,0 \text{ Вт/К}.$$

Сумарна теплопередача трансмісією для кожного місяця розраховується за формулою:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\Theta_{int,set,H} - \Theta_c) t, \quad (3.3)$$

де $H_{tr,adj}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-зовні, визначається за формулою (3.2);

$\Theta_{int,Set,H}$ - задана температура зони будівлі для опалення, °С;

Θ_c - середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, визначена згідно з таблицею М.1 додатку М;

t - тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з таблицею М.1 додатку М.

Визначимо сумарну теплопередачу трансмісією для січня за формулою (3.3). Для усіх інших місяців результати зведемо в таблицю М.2 додатку М.

$$Q_{tr} = 12283,0 \cdot (20 - (-4,7)) \cdot 744 = 225722 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

3.1.2 Розрахунок теплопередачі вентиляцією

Сумарну теплопередачу вентиляцією для кожного місяця розраховуємо за формулою (3.4) і результати зводимо в таблицю 4 [29]:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} (\Theta_{int,set,H,z} - \Theta_c) t, \quad (3.4)$$

де $H_{ve,adj}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

Для опалювального періоду за розрахунками становить: $H_{ve,adj,H} = 14390,3 \text{ Вт/К}$;

$\Theta_{int,set,H,z}$ - задана температура зони будівлі для опалення, °С;

Θ_c - середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С, визначена згідно з таблицею М.1 додатку М;

t - тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з таблицею М.1 додатку М.

У січні сумарна теплопередача вентиляцією складала:

$$Q_{ve} = 14390,3 \cdot (20 - (-4,7)) \cdot 744 = 264448 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розраховані значення для інших місяців зведено в таблицю М.2 додатку М.

3.1.3 Розрахунок внутрішніх теплонадходжень

Згідно з методикою даного стандарту до теплонадходжень відносяться:

- внутрішній тепловий потік від людей;
- внутрішній тепловий потік від обладнання;
- внутрішній тепловий потік від освітлення.

Відповідно загальна сумарна величина усередненого теплового потоку приймається згідно з таблицею 6 [27] і становить $\Phi_{int} = 5,8 \text{ Вт/м}^2$.

Внутрішні теплонадходження для кожного місяця окремо розраховуються за формулою (3.5) та зводяться в таблицю М.2 додатку М.

$$Q_{int} = (\sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_f) t, \quad (3.5)$$

де $\Phi_{int,mn,k}$ - усереднений за часом тепловий потік від k -го внутрішнього джерела, Вт/м^2 ;

A_f - кондиціонована площа зони будівлі, м^2 ;

t - тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у січні місяці відповідно до формули (3.5) складають:

$$Q_{int} = (2 + 2 + 1,8) \cdot 38905,4 \cdot 744 = 167885 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розраховані значення для усіх інших місяців зведено до таблиці М.2 додатку М.

3.1.4 Розрахунок сонячних теплонадходжень

Світлопрозорі конструкції розташовані з усіх боків будинку, куди надходять сонячні теплонадходження.

Для кожного місяця теплонадходження від сонця розглядаються за формулою:

$$Q_{sol} = (\sum_k \Phi_{sol,mn,k})t, \quad (3.6)$$

де $\Phi_{sol,mn,k}$ - усереднений за часом тепловий потік від k -го джерела сонячного випромінювання, Вт, визначається за формулою (3.7);

t - тривалість місяця, що розглядається, виражена у годинах, приймають згідно з таблицею М.1 додатку М.

Сонячні теплонадходження через k -ий елемент будівлі $\Phi_{sol,k}$ Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k}, \quad (3.7)$$

де $F_{sh,ob,k}$ - понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k -ої поверхні:

$$F_{sh,ob} = F_{hor} F_{ov} F_{fin},$$

де F_{hor} – частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту, визначають за даними таблиці 12 [27], $F_{hor}^{II} = 1,0$;

F_{ov} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів, визначають за даними таблиці 13 [27], $F_{ov} = 1,0$;

F_{fin} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер, визначають за даними таблиць 14-1, 14-2 [27], $F_{fin} = 0,97$ (при куті затінення $\beta=30^\circ$);

$$F_{sh,ob} = 1 \cdot 1 \cdot 0,97 = 0,97.$$

$A_{sol,k}$ - еквівалентна площа інсоляції k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, m^2 , визначається за формулою (3.8) або (3.10);

$I_{sol,k}$ - сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м², визначена згідно з таблицею М.1 додатку М;

$F_{r,k}$ - коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: $F_r = 1$ - для незатіненого горизонтального даху, $F_r = 0,5$ - для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$ - додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k -го елемента будівлі, Вт, визначається за формулою (3.11).

Еквівалентна площа інсоляції вікна знаходиться за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p}, \quad (3.8)$$

де $F_{sh,gl}$ - понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів.

У випадку відсутності засобів рухомого затінення $F_{sh,gl} = 1$;

g_{gl} - загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента, визначений згідно з формулою (3.9);

F_F - частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції заклеєного елемента, $F_F = 0,3$ для віконних та дверних блоків та $F_F = 0,2$ для світлопрозорих фасадів будівлі;

$A_{w,p}$ - загальна площа проекції заклеєного елемента, м².

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n, \quad (3.9)$$

де F_w - поправочний коефіцієнт для нерозсіювального скління, приймають $F_w = 0,90$.

g_n - коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії, обирається з таблиці 8 [27].

$$g_{gl} = 0,9 \cdot 0,75 = 0,68.$$

Розрахуємо еквівалентну площу інсоляції вікон, які знаходяться на півночі фасаду за формулою (3.8):

$$A_{sol,w} = 1 \cdot 0,68 \cdot (1 - 0,3) \cdot 525,4 = 248 \text{ м}^2.$$

Аналогічно визначимо площі для інших сторін фасаду та результати занесемо у таблицю Н.1 додатку Н.

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі знаходиться за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} R_{se} U_c A_c, \quad (3.10)$$

де $\alpha_{s,c}$ - безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають згідно з даними таблиці 10 [27];

R_{se} - тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, приймають $0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

U_c - коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

A_c - площа проекції непрозорої частини, м^2 .

Визначимо еквівалентну площу зовнішньої північної стіни за формулою (3.10):

$$A_{sol} = 0,7 \cdot 0,043 \cdot 0,31 \cdot 2826,6 = 27 \text{ м}^2.$$

Аналогічні розрахунки проводимо для усіх інших зовнішніх стін і даху. Результати зведемо до таблиці Н.1 додатку Н.

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі Φ_r , Вт, визначається за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\Theta_{er}, \quad (3.11)$$

де R_{se} - тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, приймають $0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

U_c - коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

A_c - площа проекції елемента, м^2 ;

h_r - коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

При першому наближенні h_r приймають $5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

ε - коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огороження, приймають згідно з таблицею 10 [27];

$\Delta\Theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, °С, для помірних широт приймають $\Delta\Theta_{er} = 11$ К.

Розрахуємо додатковий тепловий потік за формулою (3.11) для:

- даху:

$$\Phi_r = 0,043 \cdot 0,22 \cdot 1190 \cdot 5 \cdot 0,9 \cdot 11 = 549,2 \text{ Вт};$$

- фасаду:

$$\Phi_r = 0,043 \cdot 0,31 \cdot 12388 \cdot 5 \cdot 0,9 \cdot 11 = 7474,4 \text{ Вт};$$

- вікон:

$$\Phi_r = 0,043 \cdot 1,613 \cdot 2676 \cdot 5 \cdot 0,9 \cdot 11 = 8268,2 \text{ Вт}.$$

Знайдемо сонячні теплонадходження через віконні блоки у січні за формулою (3.7):

$$\Phi_{sol} = (248 \cdot 13 + 384 \cdot 21 + 248 \cdot 50 + 384 \cdot 22) - 0,5 \cdot 8268,2 = 30083 \text{ Вт}.$$

Аналогічний розрахунок виконаємо для фасаду та даху і зведемо до таблиці Н.1 додатку Н.

Знайдемо сумарні сонячні теплонадходження через огорожувальні конструкції будівлі у січні:

$$\Phi_{sol} = \Phi_{sol}^{vik} + \Phi_{sol}^{fasad+дах}$$

$$\Phi_{sol} = 30083 + 949 = 31032 \text{ Вт}.$$

Для інших місяців результати розрахунку занесені до таблиці Н.1 додатку Н.

Визначимо теплонадходження у січні від сонця до будинку за формулою (3.6) та занесемо в таблицю М.1 додатку М:

$$Q_{sol} = 31032 \cdot 744 = 23087555 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 23088 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

3.1.5 Розрахунок динамічних параметрів

Внутрішню теплову інерцію будівлі характеризує часова константа будівлі.

Внутрішня теплоємність будівлі розраховується згідно з формулою:

$$C_m = C \cdot A_f, \quad (3.12)$$

де C - внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Вт·год/(м²·К), приймають згідно з таблицею 15 [27];

A_f - кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м². Будівля є важкою, тому внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить: $C = 80$ Вт·год/(м²·К).

$$C_m = 80 \cdot 38905,4 = 3112432 \text{ Вт·год/(м}^2\text{·К)}.$$

Часова константа будівлі визначається за формулою:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}, \quad (3.13)$$

де $H_{tr,adj}$ - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К;

$H_{ve,adj}$ - репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$$\tau = \frac{3112432}{12283 + 14390,3} = 117 \text{ год.}$$

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$, розрахований для кожного місяця згідно з формулою (3.14) на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти H і числового параметра γ_H , наведений у таблиці М.2 додатку М.

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} = \frac{190972}{490170} = 0,39.$$

Безрозмірний числовий параметр a_H визначається за формулою:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{117}{15} = 8,8,$$

де $a_{H,0}$ - довідковий безрозмірний числовий параметр, який дорівнює 1,0;

τ - часова константа зони будівлі, год, визначена згідно з (3.13);

$\tau_{H,0}$ - довідкова часова константа, яку приймають 15 год.

Відповідно до [27] при умові якщо $\gamma_H > 0$ та $\gamma_H \neq 1$, то

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}} \quad (3.14)$$

Визначимо коефіцієнт використання надходжень для опалення у січні за формулою (3.14):

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - 0,39^{8,8}}{1 - 0,39^{8,8+1}} = 0,9998.$$

Річні енергопотреби для опалення будівлі розраховані за формулою:

$$Q_{H,nd,an} = \sum_i Q_{H,nd,i},$$

де $Q_{H,nd,i}$ - енергопотреба для опалення зони, що розглядається, для i -го місяця, кВт·год, визначена за формулою (3.15).

Для кожного місяця енергопотребу для опалення $Q_{H,nd,i}$, кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,const} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}, \quad (3.15)$$

де $Q_{H,nd,const}$ - енергопотреба для постійного опалення будівлі, кВт·год, повинна бути більше чи дорівнювати 0;

$Q_{H,ht}$ - сумарна теплопередача в режимі опалення, кВт·год, визначена згідно з (3.16);

$Q_{H,gn}$ - сумарні теплонадходження в режимі опалення, кВт·год, визначені згідно з (3.17);

$\eta_{H,gn}$ - безрозмірний коефіцієнт використання надходжень, визначений згідно з формулою (3.14).

Сумарна теплопередача для кожного місяця, $Q_{H,ht}$, кВт·год, визначається за формулою:

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve}, \quad (3.16)$$

де Q_{tr} - сумарна теплопередача трансмісією, кВт·год, визначена згідно з (3.3);

Q_{ve} - сумарна теплопередача вентиляцією, кВт·год, визначена згідно з (3.4).

$$Q_{H,ht} = 225722 + 264448 = 490170 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Для усіх інших місяців сумарна теплопередача наведена у таблиці М.2 додатку М.

Сумарні теплові надходження для кожного місяця, $Q_{H,gn}$, кВт·год, визначаються за формулою:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol}, \quad (3.17)$$

де Q_{int} - сума внутрішніх теплонадходжень протягом даного періоду, кВт·год, визначена згідно з (3.5);

Q_{sol} - сума сонячних теплонадходжень протягом даного періоду, кВт·год, визначена згідно з (3.6).

$$Q_{H,gn} = 167885 + 23088 = 190972 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Знайдемо енергопотребу для опалення для січня за формулою (3.15):

$$Q_{H,nd} = 490170 - 0,9998 \cdot 190972 = 299227 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Для інших місяців розрахунок проводимо аналогічно, результати зведемо у таблицю М.2 додатку М.

Загальна енергопотреба для опалення на рік склала 1171773 кВт·год, що становить 1008 Гкал. Показник енергетичної ефективності опалення наведений у таблиці Р.2 додатку Р.

3.2 Розрахунок енергоспоживання при опаленні

3.2.1 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі/виділення

Система опалення в будинку двотрубна з автоматичними регуляторами перепаду тиску на горизонтальних вітках з більше ніж вісьмома опалюваними приладами. У будівлі використані секційні радіатори з терморегуляторами (П-регулювання з точністю 2К). Опалювальні прилади встановлюються біля зовнішніх стін під вікнами без радіаційного захисту.

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення визначаються для кожного місяця згідно з [14] за формулою:

$$Q_{H,em,ls} = \left(\frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) \cdot Q_{H,em,out}, \quad (3.18)$$

де $Q_{H,em,out}$ - енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць, кВт·год, є енергопотребою для опалення за конкретний місяць $Q_{H,nd}$, що визначають за формулою (3.15);

f_{hydr} - коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи, з таблиці 18 [27] $f_{hydr} = 1,01$;

f_{im} - коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення; для періодичного теплового режиму з регулюванням без інтегрованого зворотного зв'язку $f_{im} = 0,98$;

f_{rad} - коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку $f_{rad} = 1,0$;

η_{em} - загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні, що визначають за формулою:

$$\eta_{em} = \frac{1}{\left[4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb}) \right]}, \quad (3.19)$$

η_{str} - складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення, згідно з таблицею 17 [27]:

$$\eta_{str} = \frac{(\eta_{str1} + \eta_{str2})}{2} = \frac{(0,93 + 0,88)}{2} = 0,905,$$

η_{ctr} - складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення, $\eta_{ctr} = 0,93$ - згідно з таблицею 17 [27];

η_{emb} - складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень, $\eta_{emb} = 1,0$ - згідно з таблицею 17 [27].

Визначимо загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні за формулою (3.19):

$$\eta_{em} = \frac{1}{\left[4 - (0,905 + 0,93 + 1,0)\right]} = 0,86.$$

Визначимо загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення для січня за формулою (3.18):

$$Q_{H,em,ls} = \left(\frac{1,01 \cdot 0,98 \cdot 1,0}{0,86} - 1 \right) \cdot 299227 = 45817 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Розрахунок для усіх інших місяців зведемо до таблиці П.1 додатку П.

Для сертифікації енергоефективності додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі/виділення в розрахунках не враховується.

Енергію входу, що необхідна для підсистеми тепловіддачі/виділення, розраховують для кожного місяця за формулою [31]:

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out,i} + Q_{H,em,ls,i} \quad (3.20)$$

Визначимо для січня місяця енергію входу за формулою (3.20):

$$Q_{H,em,in,i} = 299227 + 45817 = 310544 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці П.1 додатку П.

3.2.2 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми розподілення

Тепловтрати підсистеми розподілення впродовж i -го місяця, визначаються за формулою:

$$Q_{H,dis,ls,j} = \sum \psi_{L,j} \cdot (\Theta_{m,j} - \Theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an,j}, \quad (3.21)$$

де $\psi_{L,j}$ - лінійний коефіцієнт теплопередачі j -го трубопроводу, Вт/(м·К);

$\Theta_{m,j}$ - середня температура теплоносія в зоні упродовж i -го місяця, °С; визначають за температурним графіком регулювання теплоносія за погодними умовами за середньомісячної температури зовнішнього середовища відповідного місяця (таблиця А.2 додатку А [27]);

$\Theta_{i,j}$ - температура навколишнього середовища, °С;

L_j - довжина трубопроводу, м;

j - індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами;

$t_{op,an,j}$ - години опалення упродовж i -го місяця, год.

L_v – розподільні трубопроводи, що знаходяться в некондиціонованому техпідпіллі;

L_A – горизонтальні вітки та L_S – стояки ізольовані теплоізоляцією, товщина якої приблизно дорівнює зовнішньому діаметру трубопроводів.

Довжина трубопроводів відповідного типу визначається згідно з А.3 [30] за спрощеною методикою для двох будинків окремо:

$$L_v = 2 \cdot L_v + 0,0325 \cdot L_v \cdot L_w + 6$$

$$L_S = 0,25 \cdot L_v \cdot L_w \cdot h_{iev} \cdot N_{iev}$$

$$L_A = 0,55 \cdot L_v \cdot L_w \cdot N_{iev}$$

де L_v , L_w - довжина та ширина будівлі відповідно, м;

h_{iev} - висота поверху;

N_{iev} - кількість поверхів.

Для першого будинку:

$$L_v^1 = 2 \cdot 21,9 + 0,0325 \cdot 21,9 \cdot 18,3 + 6 = 62,8 \text{ м.}$$

$$L_S^1 = 0,25 \cdot 21,9 \cdot 18,3 \cdot 2,8 \cdot 24 = 673,3 \text{ м.}$$

$$L_A^1 = 0,55 \cdot 21,9 \cdot 18,3 \cdot 24 = 5290,2 \text{ м.}$$

Для другого будинку:

$$L_v^2 = 2 \cdot 23,0 + 0,0325 \cdot 23,0 \cdot 18,1 + 6 = 65,5 \text{ м.}$$

$$L_S^2 = 0,25 \cdot 23,0 \cdot 18,1 \cdot 2,8 \cdot 24 = 699,4 \text{ м.}$$

$$L_A^2 = 0,55 \cdot 23,0 \cdot 18,1 \cdot 24 = 5495,2 \text{ м.}$$

Загальна довжина трубопроводу по двом будинкам:

$$L_v = L_v^1 + L_v^2 = 62,8 + 65,5 = 128,4 \text{ м.}$$

$$L_S = L_S^1 + L_S^2 = 673,3 + 699,4 = 1372,7 \text{ м.}$$

$$L_A = L_A^1 + L_A^2 = 5290,2 + 5495,2 = 10785,3 \text{ м.}$$

Лінійні коефіцієнти теплопередачі трубопроводів визначені згідно з таблицею 24 [27] і становлять: $\psi_{L,V} = 0,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $\psi_{L,S} = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $\psi_{L,A} = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Середня температура теплоносія становить $\Theta_m = 82,5^\circ\text{C}$ (температурний графік 95/70). Температура навколишнього середовища становить: для кондиціонованого об'єму $\Theta = 20^\circ\text{C}$ та $\Theta = 13^\circ\text{C}$ - для техпідпілля.

Середня температура теплоносія в зоні упродовж i -го місяця $\Theta_{m,i}$ визначається за температурним графіком регулювання теплоносія за погодними умовами за середньомісячної температури зовнішнього середовища відповідного місяця (таблиця А.2 додатку А [27]). Для цього на температурному графіку в межах температур початку/закінчення опалювального періоду (відповідно до ДБН В.2.5-67 - 8. ... 14°C) та розрахункової для опалення (для Києва - мінус 22°C за ДСТУ-Н Б В.1.1-27) будується (рисунок 3.1) графік середніх температур теплоносія. Середня температура теплоносія для температурного графіка 95/70 при зовнішній температурі повітря найхолоднішої п'ятиденки мінус 22°C становить $\Theta_m = 82,5^\circ\text{C}$ (початок графіка). Середня температура теплоносія упродовж i -го місяця, наприклад, січня (для Києва - мінус $4,7^\circ\text{C}$) становить $\Theta_{m,i} = 57,5^\circ\text{C}$.

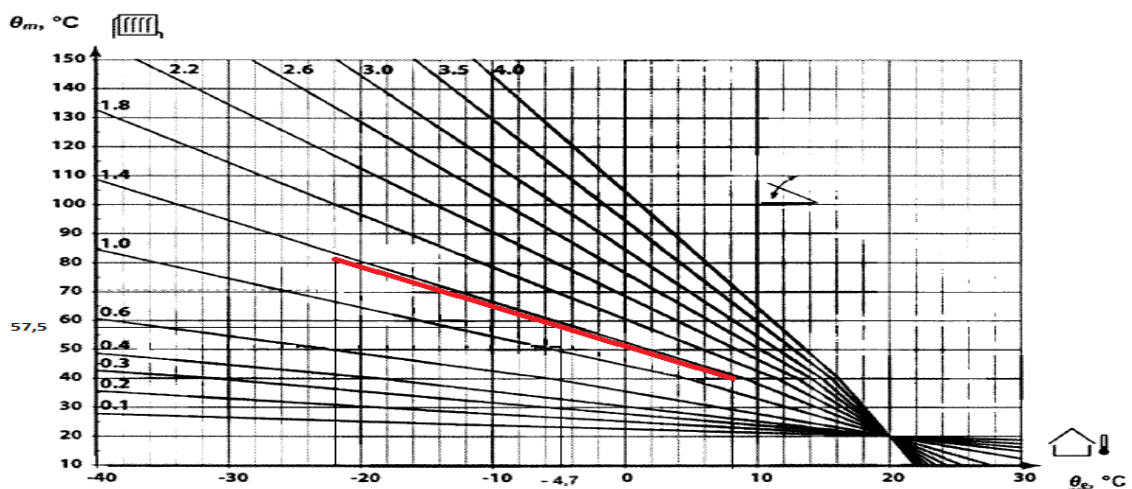


Рисунок 3.1 – Графік середніх температур теплоносія

З листопада по березень опалення безперервне, в жовтні та квітні – кількість годин опалення складає половину тривалості місяця.

Розрахуємо неутилізаційні тепловтрати підсистем розподілення впродовж січня місяця за формулою (3.21):

$$Q_{H,dis,ls,i} = 0,2 \cdot (57,5 - 13) \cdot 128,4 \cdot 744 = 850 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Розрахуємо утилізаційні тепловтрати підсистем розподілення впродовж січня місяця за формулою (3.21):

$$Q_{H,dis,ls,i} = (0,3 + 0,4) \cdot (57,5 - 20) \cdot (10785,3 + 137,7) \cdot 744 = 259816 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Утилізовані тепловтрати розраховуються згідно з формулою:

$$Q_{H,dis,ls,rvd,i} = Q_{H,dis,ls,rbl,i} \cdot 0,9 \cdot \eta_{H,gn,i}, \quad (3.22)$$

де $\eta_{H,gn,i}$ - безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення впродовж i -го місяця, розрахований згідно з формулою (3.14).

Неутилізовані тепловтрати розраховуються згідно з формулою:

$$Q_{H,dis,ls,nrvd,i} = Q_{H,dis,ls,nrbl,i} + (Q_{H,dis,ls,rbl,i} - Q_{H,dis,ls,rvd,i}) \quad (3.23)$$

Визначимо утилізовані тепловтрати за формулою (3.22):

$$Q_{H,dis,ls,rvd,i} = 259816 \cdot 0,9 \cdot 0,9998 = 233798 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Обчислимо неутилізовані тепловтрати згідно з формулою (3.23):

$$Q_{H,dis,ls,nrvd,i} = 850 + (259816 - 233798) = 26868 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Результати розрахунків утилізованих, неутилізованих, утилізаційних та неутилізаційних тепловтрат окремо для кожного місяця наведені в таблиці П.2 додатку П.

Енергію входу, що необхідна для підсистеми розподілення, визначають для кожного місяця за формулою:

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,out,i} + Q_{H,dis,ls,nrvd,i}, \quad (3.24)$$

де $Q_{H,dis,out,i}$ - енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж i -го місяця дорівнює енергії входу до підсистеми тепловіддачі $Q_{H,em,in,i}$ для певної комбінації

зон, що обслуговуються тією ж самою підсистемою розподілення, визначена згідно з формулою (3.20), кВт·год;

$Q_{H,dis,ls,nrvd,i}$ - неутилізовані тепловтрати підсистеми розподілення упродовж i -го місяця, кВт·год, визначені згідно з формулою (3.23).

Обчислимо енергію входу для підсистеми розподілення за формулою (3.24):

$$Q_{H,dis,in,i} = 310540 + 26868 = 337408 \text{ кВт·год.}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці П.2 додатку П.

Додаткову енергію для підсистеми розподілення визначають згідно з таблицею 26 [27]. Дана енергія в підсистемі розподілення використовується на функціонування циркуляційних, змішувальних та циркуляційно-змішувальних насосів. Кількість насосів, що використовується, - 14. Регулювання швидкості обертання насосів із забезпеченням змінного перепаду тиску (p_{var}).

Використовуються генератори із стандартним об'ємом води.

Враховуючи, що режим опалення постійний, то $f_{im} = 1,0$.

Відповідно, $W_{H,dis,aux,an} = 250 \cdot 14 \cdot 4500 / 5000 = 3150$ кВт·год/рік.

3.2.3 Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми виробництва/генерування теплоти

Загальна енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти дорівнює енергії входу в підсистему розподілення:

$$Q_{H,gen,out,i} = Q_{H,dis,in,i} \quad (3.25)$$

де $Q_{H,gen,out,i}$ - енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж i -го місяця, кВт·год;

$Q_{H,dis,in,i}$ - енергія входу в підсистему розподілення упродовж i -го місяця, кВт·год, визначена згідно з формулою (3.24).

Тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти визначаються для кожного місяця за формулою:

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i} (1 - \eta_{H,gen}) / \eta_{H,gen}, \quad (3.26)$$

де $\eta_{H,gen}$ - ефективність підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти; при умові, що джерело тепло забезпечення котел для опалення та гарячого водопостачання на природному газі $\eta_{H,gen} = 76\%$ згідно з таблицею 27 [27];

$Q_{H,gen,out,i}$ - енергія виходу з підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж i -го місяця, кВт·год, визначена згідно з формулою (3.25).

Обчислимо тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти згідно з формулою (3.26):

$$Q_{H,gen,ls,i} = 337408 \cdot (1 - 0,76) / 0,76 = 106550 \text{ кВт·год.}$$

Розраховані значення для окремо кожного місяця наведені в таблиці П.1 додатку П.

3.2.4 Загальне енергоспоживання при опаленні

Споживання теплової енергії при опаленні приміщень визначають за формулою:

$$Q_{H,use,i} = Q_{H,gen,out,i} + Q_{H,gen,ls,i}, \quad (3.27)$$

де $Q_{H,gen,out,i}$ - енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж i -го місяця, кВт·год, визначена згідно з формулою (3.25);

$Q_{H,gen,ls,i}$ - загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж i -го місяця, кВт·год, визначені згідно з формулою (3.26).

Річне енергоспоживання при опаленні визначено для січня місяця згідно з формулою (3.27):

$$Q_{H,use,i} = 337408 + 106550 = 443958 \text{ кВт·год.}$$

Розраховані значення для інших місяців наведені в таблиці П.1 додатку П.

Питоме енергоспоживання будівлі при опаленні становить 130 кВт·год/м^2 .

3.3 Розрахунок енергоспоживання систем вентиляції

Енергоспоживання вентиляторів, кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{V,sys,fan} = P_{el} \cdot t_V, \quad (3.28)$$

де $Q_{V,sys,fan}$ - енергоспоживання припливного та витяжного вентиляторів системи вентиляції, кВт·год;

P_{el} - електрична потужність вентилятора, кВт;

t_V - час роботи системи вентиляції, год.

Електричну потужність вентиляторів, кВт, розраховують за формулою:

$$P_{el} = SFP \cdot V_L / 3600, \quad (3.29)$$

де SFP - питома потужність вентилятора системи механічної вентиляції, кВт/(м³/с), визначають за таблицею 33 [27];

V_L - об'ємна витрата повітря в системі механічної вентиляції, м³/год.

Об'ємна витрата повітря в системі вентиляції визначається:

$$V_L = V_s \cdot n_s,$$

де V_s - об'єм внутрішніх приміщень, відповідно до проектних даних становить

$$V_s = 91316 \text{ м}^3;$$

n_s - кратність повітрообміну, $n_s = 0,64 \text{ год}^{-1}$

$$V_L = 91316 \cdot 0,64 = 58442,2 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахуємо електричну потужність вентиляторів за формулою (3.29):

$$P_{el} = 1 \cdot 58442,2 / 3600 = 16,2 \text{ кВт}.$$

Визначимо енергоспоживання вентиляторів за формулою (3.28):

$$Q_{V,sys,fan} = 16,2 \cdot 8760 = 142209,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

3.4 Розрахунок енергопотреб та енергоспоживання ГВП

Питомі річні енергопотреб ГВП прийняті згідно з таблицею 34 [27] і становлять для багатоквартирного житлового будинку 20 кВт·год/м². Показник енергетичної ефективності ГВП наведений у таблиці Р.2 додатку Р.

Загальні енергопотреби ГВП становлять:

$$Q_{DHW, need} = 20 \cdot A_f = 20 \cdot 38905,4 = 778108 \text{ кВт} \cdot \text{год}. \quad (3.30)$$

Система ГВП будинку - двотрубна з циркуляційним контуром. Трубопроводи діаметром 20 мм теплоізовані стандартно. Температура води в системі ГВП прийнята 60 °С.

Тепловтрати для трубопроводів розраховуються:

$$Q_{w, dis, ls} = \sum \psi_{w, j} \cdot L_{w, j} \cdot (\Theta_{w, dis, avg, j} - \Theta_{amb, j}) \cdot t_w / 1000, \quad (3.31)$$

де $Q_{w, dis, ls}$ - тепловтрати підсистеми розподілення ГВП, кВт·год;

$\psi_{w, j}$ - лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м·К);

$L_{w, j}$ - довжина секції трубопроводу, м;

$\Theta_{w, dis, avg, j}$ - середня температура гарячої води у секції трубопроводу, °С;

$\Theta_{amb, j}$ - середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалюваного чи неопалюваного приміщення, °С;

t_w - період користування ГВП, год/рік;

j - індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами.

Приймаємо:

$$\Theta_{w, dis, avg} = 60^\circ\text{C};$$

$\Theta_{amb} = 20^\circ\text{C}$ – для опалювального періоду та $\Theta_{amb} = 22^\circ\text{C}$ – для неопалювального періоду;

$t_w = 4336$ год – період користування системою ГВП протягом опалювального періоду та $t_w = 4424$ год – період користування системою ГВП протягом неопалювального періоду;

$L_w = 1900$ м – згідно з проектними даними;

$\psi_w = 0,4$ Вт/(м·К) за таблицею 24 [27];

Розрахуємо тепловтрати для трубопроводів за формулою (3.31):

- для опалювального періоду:

$$Q_{w,dis,ls,Hp} = 0,4 \cdot 1900 \cdot (60 - 20) \cdot 4336 / 1000 = 131814 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

- для неопалювального періоду:

$$Q_{w,dis,ls,Cp} = 0,4 \cdot 1900 \cdot (60 - 22) \cdot 4424 / 1000 = 127765 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо загальні тепловтрати розподільними трубопроводами від циркуляційного контуру до водозбору ГВП користувача:

$$Q_{w,dis,ls} = Q_{w,dis,ls,Hp} + Q_{w,dis,ls,Cp} = 131814 + 127765 = 259580 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Тепловтрати циркуляційним контуром складаються з тепловтрат протягом циркуляції та тепловтрат в періоди відсутності циркуляції:

$$Q_{W,dis,ls,col,m} = Q_{W,dis,ls,col,on} + Q_{W,dis,ls,col,off} \quad (3.32)$$

Тепловтрати трубопроводів протягом періодів циркуляції, кВт·год, визначають за формулою:

$$Q_{W,dis,ls,col,on} = \sum \psi_{W,dis,j} \cdot L_{W,j} \cdot (\Theta_{W,dis,avg,j} - \Theta_{amb,j}) \cdot t_{w,on,j} / 1000. \quad (3.33)$$

Тепловтрати трубопроводів протягом періодів відсутності циркуляції, кВт·год, визначають за формулою:

$$Q_{W,dis,ls,col,off} = \sum \rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,dis,j} (\Theta_{W,dis,avg,j} - \Theta_{amb,j}) \cdot n_{norm} / 1000, \quad (3.34)$$

де $\psi_{W,dis,j}$ - лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м·К);

$L_{W,j}$ - довжина секції трубопроводу, м;

$\Theta_{W,dis,avg,j}$ - середня температура гарячої води у секції трубопроводу, °С;

$\Theta_{amb,j}$ - середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалюваного чи неопалюваного приміщення, °С;

$\rho_W \cdot c_W$ - теплоємність води, приймають 1150 Вт·год/(м³·К);

$V_{W,dis,j}$ - об'єм води, що міститься в секції трубопроводу, м³, визначений за допомогою значень довжини та діаметра трубопроводу;

$t_{w,on,j}$ - період циркуляції, год/рік;

n_{norm} - кількість робочих циклів циркуляційного насоса протягом року; за відсутності точних даних приймають $n_{norm} = 1-2$ цикли в день;

j - індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами.

Приймаємо:

$\Theta_{amb,V} = 13^{\circ}\text{C}$ - температура в техпідпіллі протягом опалювального періоду;

$\Theta_{amb,S} = 20^{\circ}\text{C}$ - температура кондиціонованої зони протягом опалювального періоду;

$\Theta_{amb} = 22^{\circ}\text{C}$ - температура кондиціонованої зони протягом неопалювального періоду.

$t_{w,on} = 4336$ год - період циркуляції протягом опалювального періоду;

$t_{w,on} = 4424$ год - період циркуляції протягом неопалювального періоду;

$L_{w,V} = 100$ м - протяжність трубопроводів циркуляційного контуру в техпідпіллі;

$L_{w,V} = 4750$ м - протяжність трубопроводів стояків циркуляційного контуру, визначені згідно з проектними даними;

$\psi_{w,V} = 0,2$ Вт/(м·К) - лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводів в техпідпіллі;

$\psi_{w,S} = 0,3$ Вт/(м·К) - лінійний коефіцієнт теплопередачі стояків, визначені згідно з таблицею 24 [27];

$V_{w,dis,V} = 0,04$ м³ - об'єм води, що міститься в трубопроводах циркуляційного контуру, розташованих в техпідпіллі;

$V_{w,dis,S} = 1,6$ м³ - об'єм води, що міститься в трубопроводах стояків циркуляційного контуру;

Визначимо тепловтрати трубопроводів протягом періодів циркуляції протягом опалювального та неопалювального періодів за формулою (3.33):

$$Q_{W,dis,ls,col,on,Hp} = (0,2 \cdot 100 \cdot (60 - 13) + 0,3 \cdot 4750 \cdot (60 - 20)) \cdot 4336 / 1000 = 251228 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

$$Q_{W,dis,ls,col,on,Cp} = (0,2 \cdot 100 + 0,3 \cdot 4750 \cdot (60 - 22)) \cdot 4424 / 1000 = 239648 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахуємо загальні тепловтрати трубопроводів циркуляційного контуру періодів циркуляції:

$$Q_{W,dis,ls,col,on} = 251228 + 239648 = 490876 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Визначимо тепловтрати трубопроводів протягом періодів відсутності циркуляції протягом опалювального та неопалювального періодів за формулою (3.34):

$$Q_{W,dis,ls,col,off,Hp} = (0,04 \cdot (60 - 13) + 1,6 \cdot (60 - 20)) \cdot 1150 \cdot 181 / 1000 = 13713 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$Q_{W,dis,ls,col,off,Cp} = (0,04 + 1,6) \cdot (60 - 22) \cdot 1150 \cdot 184 / 1000 = 12874 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Розрахуємо загальні тепловтрати трубопроводів циркуляційного контуру протягом періодів відсутності циркуляції:

$$Q_{W,dis,ls,col,off} = 13713 + 12874 = 26587 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Загальні тепловтрати циркуляційним контуром визначаються згідно з формулою (3.32):

$$Q_{W,dis,ls,col,m} = 490876 + 26587 = 517463 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тепловтрати використаної води при водозборі визначаються:

$$Q_{W,em,ls} = Q_W \cdot \eta_{eq} / 1000, \quad (3.35)$$

де Q_W - річні енергопотребы ГВП, кВт·год, визначені згідно з формулою (3.30);

η_{eq} - еквівалент збільшення, що враховує тепловтрати використаної води при водорозборі, приймають згідно з даними таблиці 35 [27].

Оскільки система ГВП з автоматично збалансованими за температурою води циркуляційними стояками, то $\eta_{eq} = 0\%$.

Визначимо тепловтрати води при водозборі за формулою (3.35):

$$Q_{W,em,ls} = 26587 \cdot 0 / 100 = 0 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річний обсяг енергоспоживання на потреби ГВП визначають за формулою:

$$Q_{DNW,use} = (Q_{DNW,nd} + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,col,m} + Q_{W,em,j}) / \eta_{gen}, \quad (3.36)$$

де $Q_{DNW,nd}$ - енергопотребы ГВП, кВт·год, визначені згідно з формулою (3.30);

$Q_{W,dis,ls}$ - річні тепловтрати підсистеми розподілення ГВП, кВт·год, визначені згідно з формулою (3.31);

$Q_{W,dis,ls,col,m}$ - річні тепловтрати циркуляційного контуру ГВП, кВт·год, визначені згідно з формулою (3.32);

$Q_{W,em,j}$ - тепловтрати використаної води ГВП при водорозборі, кВт·год, визначені згідно з формулою (3.35);

η_{gen} - ефективність підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти, визначена згідно з таблицею 27 [27].

Розрахуємо річний обсяг енергоспоживання на потреби ГВП за формулою (3.36):

$$Q_{DNW,use} = (778108 + 259580 + 517463 + 0) / 0,96 = 1619948 \text{ кВт·год.}$$

Додаткова енергія для системи ГВП є енергією для циркуляційних насосів і визначається згідно з формулою (3.37). Згідно з проектними даними в системі ГВП передбачено вісім насосів у тепловпункті потужністю 0,14 кВт кожний та шість насосів потужністю 2 кВт у насосній станції.

$$W_{W,dis,aux} = P_{pmp} \cdot t_{pmp} \cdot N, \quad (3.37)$$

де P_{pmp} - маркування потужності насоса, кВт;

t_{pmp} - час роботи насоса, год/доба, за відсутності точних даних приймають стандартне значення 24 год/добу, як найгірша ситуація;

N - кількість діб роботи насоса протягом року.

Визначимо додаткову енергію для насосів за формулою (3.37):

$$W_{W,dis,aux} = 0,14 \cdot 24 \cdot 181 + 2 \cdot 24 \cdot 365 = 18128 \text{ кВт·год.}$$

Загальний обсяг енергоспоживання на потреби ГВП визначається за формулою:

$$DHW_{totaluse} = Q_{DHW,use} + W_{W,dis,aux}, \quad (3.38)$$

$$DHW_{totaluse} = 1619948 + 18128 = 1638076 \text{ кВт·год.}$$

Питоме енергоспоживання будівлі при ГВП становить 42,1 кВт·год/м².

3.5 Розрахунок енергоспоживання при освітленні

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні W , кВт·год, розраховують за формулою:

$$W = W_L + W_P, \quad (3.39)$$

де W_L - енергія, необхідна для виконання функції штучного освітлення в будівлі, кВт·год;

W_P - паразитна енергія, що необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення та енергія для управління/регулювання освітленням в будівлі, кВт·год.

Значення W_L розраховують за формулою:

$$W_L = (P_N \cdot F_C) \cdot \{(t_D \cdot F_o \cdot F_D) + (t_N \cdot F_o)\} \cdot A_f / 1000, \quad (3.40)$$

де P_N - питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі, Вт/м²;

F_C - постійний коефіцієнт яскравості, що відноситься до використання навантаження встановленого освітлення при функціонуючому контролі сталої освітленості зони, приймають згідно з таблицею 36 [27];

F_o - коефіцієнт використання освітлення, є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до періоду використання зони, приймають згідно з таблицею 36 [27];

F_D - коефіцієнт природного освітлення, є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до наявного природного освітлення зони, приймають згідно з таблицею 36 [27];

t_D - час використання природного освітлення протягом року, год, приймають згідно з таблицею 36 [27];

t_N - час використання штучного освітлення протягом року, год, приймають згідно з таблицею 36 [27];

A_f - кондиціонована площа будівлі, м².

Розрахуємо енергію, яка необхідна для штучного освітлення за формулою (3.40):

$$W_L = (7 \cdot 1) \cdot \{(2250 \cdot 1 \cdot 0,9) + (250 \cdot 1)\} \cdot 38905,4 / 1000 = 619568,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Значення W_p розраховують за формулою:

$$W_p = (P_{em} + P_{pc}) \cdot A_f, \quad (3.41)$$

де P_{em} - загальна встановлена питома потужність заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, кВт·год/м², приймають згідно з таблицею 36 [27];

P_{pc} - загальна встановлена питома потужність усіх систем управління приладами освітлення зони в час, коли лампи не використовують, кВт·год/м², приймають згідно з таблицею 36 [27];

A_f - кондиціонована площа будівлі, м².

Проведемо розрахунок паразитної енергії за формулою (3.41):

$$W_p = (1 + 5) \cdot 38905,4 = 233432,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо річний обсяг енергоспоживання за формулою (3.39):

$$W = 619568,5 + 233432,4 = 853000 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Результати на річній основі представлені в таблиці Р.1 додатку Р.

3.6 Визначення класу енергетичної ефективності будівлі за питомою енергопотребою

Загальний показник енергоефективності будівлі EP повинен визначатися за умовою згідно з [2]:

$$EP \leq EP_{\max},$$

де EP – розрахункова питома річна енергопотреба будівлі, яка визначається згідно з (3.42);

EP_{\max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі,

$EP_{\max} = 70 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$, що обирається за таблицею 1.1.

Розрахункове значення EP визначають за формулою:

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f, \quad (3.42)$$

де $Q_{H,nd}, Q_{C,nd}, Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання, кВт·год, значення якої розраховані за формулами (3.15) та (3.30);

A_f – опалювальна площа будівлі, м².

Визначимо показник енергоефективності за формулою (3.42):

$$EP = (1171773 + 0 + 778108) / 38905,4 = 50,1.$$

Для визначення класу енергетичної ефективності скористаємося формулою:

$$\left[(EP - EP_{\max}) / EP_{\max} \right] \cdot 100\% = (50,1 - 70) / 70 \cdot 100\% = -28,4\%.$$

Відповідно до таблиці 1.2, клас енергоефективності становить *B*. Складений енергетичний паспорт житлової будівлі за адресою м.Київ, вул. Гарматна 37А, наведений у додатку С.

3.7 Визначення класу енергетичної ефективності будівлі за питомим енергоспоживанням

Для визначення класу енергетичної ефективності житлового будинку необхідно визначити питоме енергоспоживання при опаленні, охолодженні та постачанні гарячої води за формулою [32]:

$$EP = EP_{H,use} + EP_{C,use} + EP_{DHW,use} \quad (3.43)$$

Питоме енергоспоживання при опаленні для житлових будівель:

$$EP_{H,use} = \frac{Q_{H,use}}{A_f} = \frac{1745809}{38905,4} = 44,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Система охолодження відсутня, тому питоме енергоспоживання при охолодженні $EP_{C,use} = 0 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$.

Питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води:

$$EP_{DHW,use} = \frac{Q_{DHW,use}}{A_f} = \frac{1638076}{38905,4} = 42,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Визначимо клас енергетичної ефективності будівлі за формулою (3.43):

$$EP = 44,8 + 0 + 42,1 = 86,9 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Клас енергетичної ефективності житлової будівлі за адресою м. Київ, вул. Гарматна 37-А згідно з додатком 11 [32] складає С.

З наведених вище розрахунків побудуємо діаграму енергоспоживання житлової будівлі системою опалення, вентиляції, ГВП, охолодження та освітлення (рисунок 3.2). Складений енергетичний сертифікат житлової будівлі за адресою м.Київ, вул. Гарматна 37А, наведений у додатку Т.

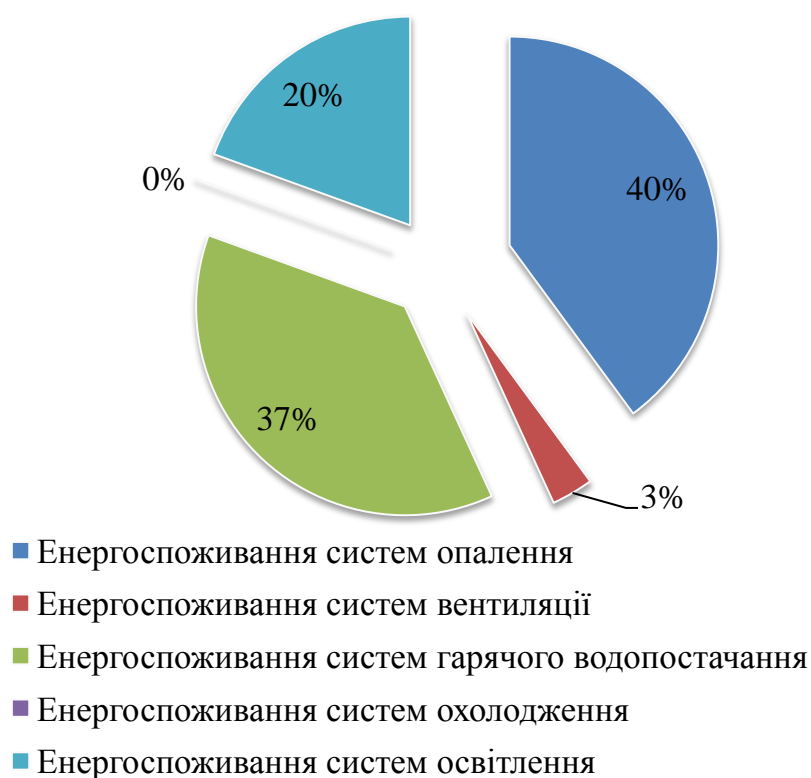


Рисунок 3.2 – Діаграма річного енергоспоживання житлової будівлі

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було розглянуто метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Було розраховано характеристики трансмісії, вентиляції, внутрішніх та сонячних теплонадходжень, визначено енергопотребу житлового будинку. За проведеними обчисленнями встановлено клас енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребою - B та питомим енергоспоживанням - C .

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Стадії розвитку та етапи розроблення стартапу

Стартап - це недавно створена компанія (можливо ще не зареєстрована офіційно але, планує стати офіційною), що будує свій бізнес на основі інновацій або інноваційних технологій, володіє обмеженою кількістю ресурсів (як людських так і фінансових) і планує виходити на ринок [33].

Стартап у своєму розвитку проходить наступних 5 стадій (таблиця 4.1) [33]:

- 1) посівна стадія (seed stage);
- 2) стадія запуску (startup stage);
- 3) стадія зростання (growth stage);
- 4) стадія розширення (expansion stage);
- 5) стадія «виходу» (exit stage).

Таблиця 4.1 – Сутність та специфіка стадій стартапу [33]

Назва	Зміст	Діяльність	Завершення
Посівна стадія	Пошук та визначення ідеї стартапу та форм її реалізації	Пошук підприємницької ідеї. Збір початкової інформації. Оформлення та початкове представлення ідеї. Аналіз припустимих обсягів та джерел фінансування	Підприємницька ідея. План реалізації стартапу. Сформована управлінська команда. Календарний план проекту. Зареєстрована організація.
Стадія запуску	Матеріалізація бізнес-ідеї	Активізація та використання людських ресурсів, матеріального, техніко-технічного забезпечення	Діюча організація, яка реалізовує стартап
Стадія зростання	Зростання стартап-компанії та масштабування її діяльності	Забезпечення безперебійного та якісного виробництва, розповсюдження через канали дистрибуції та продаж продукції	Масштабований бізнес. Вищий темп зростання за середній темп зростання економіки. Перехід від інвестицій до самофінансування
Стадія розширення	Перетворення стартап компанії на діюче підприємство	Розширення діяльності. Диверсифікація, удосконалення продукції. Масштабування бізнесу	Діюче підприємство
Стадія виходу	Продаж компанії або частки власності	Продаж акцій. Викуп бізнесу	Перехід стартапу у бізнесову сферу

Згідно з [34] розробка стартап-проекту здійснюється в чотири етапи (рисунок 4.1). Цю систему було обрано для подальшої розробки стартап-проекту за темою магістерської дисертації.

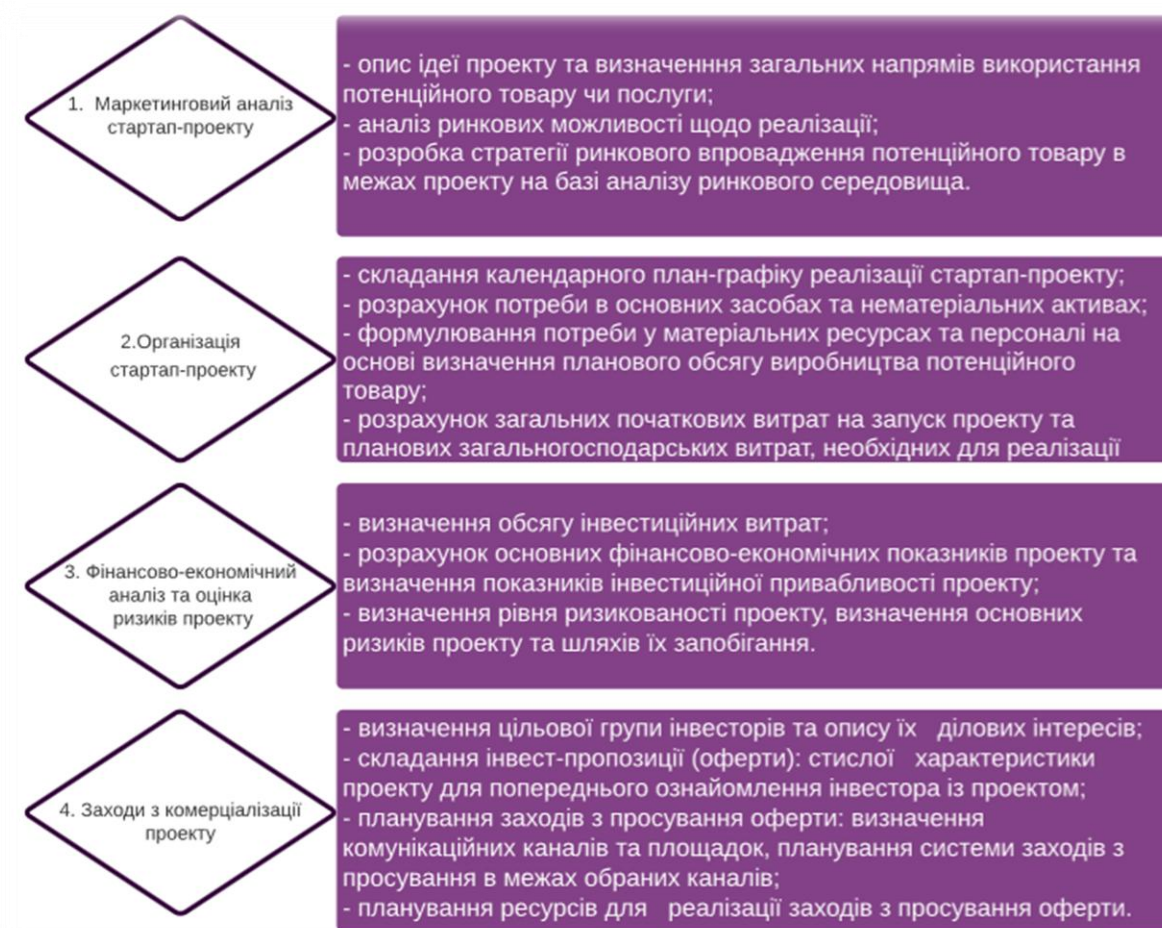


Рисунок 4.1 - Етапи розроблення стартап-проекту [35]

4.2 Опис ідеї проекту та визначення загального напрямку використання

Ідея проекту полягає у створенні шаблону для визначення класу енергетичної ефективності в програмному забезпеченні MS Excel та побудови енергетичного паспорту.

У таблиці 4.2 наведено опис ідеї стартап-проекту.

Таблиця 4.2 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
За допомогою визначення класу енергетичної ефективності контроль умов комфортності проживання.	Житлово-комунальний сектор.	- комфортна внутрішня температура будівлі; - зниження грошових витрат на комунальні платежі.

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/ концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2			
1	Надійність системи	1	2	3		1,2	3
2	Сучасність	1	2	3		2,3	1
3	Комплексність	1	2	3	3	2	1
4	Доступність	1	2	3		1,2,3	
5	Достовірність	1	2	3		1,2	3
6	Конкретність	1	2	3		2,3	1

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності [34].

4.3 Технологічний аудит ідеї проекту

Ідея проекту реалізовується за допомогою проведеного аудиту технології.

Визначення технологічної здійсненності проекту представлено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№, п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Визначення опору теплопередачі огорожень	Значення товщини та теплопровідності шарів огорожувальних конструкцій.	наявна	доступна
2	Розрахунок сумарних та питомих тепловтрат	За відомою формулою (2.1)	наявна	доступна
3	Визначення класу енергетичної ефективності	Порівняння питомих тепловтрат з нормативним значенням та побудова енергетичного паспорту з використанням програмного забезпечення MS Excel	наявна	доступна

Отже, проект можливо реалізувати, усі необхідні технологічні ресурси є наявними та доступними.

4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

На даному етапі визначено ринкові можливості, які можуть бути використані під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, що можуть перешкодити реалізації проекту. Сплануємо напрями розвитку проекту з урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів конкурентів [34].

Результат аналізу попиту на проект проведено та представлено в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№, п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	Більше 50
2	Загальний обсяг продаж, грн./ум. од	550 тис грн
3	Динаміка ринку	зростає
4	Наявність обмежень для входу	Обмежений. Дана система не доопрацьована в Україні до належного рівня
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	13 %

Отже, за попереднім оцінюванням ринок є привабливим для входження проекту на нього.

Визначення групи потенційних клієнтів, їх характеристики, та орієнтовний перелік вимог до послуги наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№, п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Підвищення енергетичної ефективності	Житлово-комунальний сектор	Не передбачено	Надійність, доступність, конкретність.

Аналіз ринкового середовища з точки зору загроз та можливостей представлено у таблицях 4.7 – 4.8.

Таблиця 4.7 - Фактори загроз

№, п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Неточність результатів	наявність похибки	проведення додаткових розрахунків; застосування іншого методу; впровадження закордонних технологій
2	Конкуренція	наявність товарів-замінників	реклама; впровадження акційних пропозицій
3	Попит	відсутність попиту; байдужість ОСББ/ЖЕК до підвищення енергетичної ефективності	реклама

Таблиця 4.8 - Фактори можливостей

№, п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Доступність	застосування доступного для всіх програмного забезпечення Excel	витрати на вдосконалення програмного забезпечення
2	Комплексність	комплексний підхід до аналізу споживання енергії, вибору кращих матеріалів, визначення класу енергоефективності, побудова енергетичного паспорту будівлі	вдосконалення складової
3	Створення моделі	застосування нових методів	підвищення конкурентоспроможності

Загальні риси конкуренції на ринку представлені у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
тип конкуренції: - чиста	Велика кількість програмних забезпечень даного типу	Надання доступних послуг для мешканців будівлі

Продовження таблиці 4.9

Локальний рівень конкурентної боротьби	Діяльність компанії спрямована на місцевого споживача, конкурувати за кордоном не рентабельно	Конкуренція в галузі впливає на попит. Покращенні дії компанії в якості наданих послуг, застосування програми лояльності, реклама
Галузева ознака: - внутрішньогалузева	Шаблон лише для енергетичної галузі	Вихід ідеї проекту на новий рівень. Впровадження методу в інших галузях
Конкуренція за видами послуг: - консультативна; - продуктова.	Побудова та надання моделі ОСББ/ЖЕК для визначення класу енергоефективності будівель	Розвиток персоналу в даному напрямку. Впровадження нового стилю визначення класу енергоефективності.
За характером конкурентних переваг - нецінова	Продукт не має фіксованої ціни.	На ціну впливають різні фактори.
За інтенсивністю - не марочна	На ринку вже працюють ліцензовані програми даного типу.	Наявна жорстка конкуренція

У таблиці 4.10 наведений детальний аналіз умов конкуренції.

Таблиця 4.10 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Клієнти	Товари-замінники
Висновки:	Інші ліцензовані програмні продукти, які надають послуги з визначення класу енергетичної ефективності будівель.	Вихід на ринок нових конкурентів.	Впровадження в житловому будинку системи енергетичного моніторингу витрат енергоносіїв	Розробка та застосування вдосконаленого програмного забезпечення

На основі аналізу конкуренції, наведеного в таблиці 4.10, а також з врахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 4.3), вимог споживачів до товару (таблиця 4.6) та факторів маркетингового середовища (таблиця 4.7 - 4.8) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності (таблиця 4.11) [34].

Таблиця 4.11 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№, п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Новизна	Доступний комплексний підхід та визначення класу енергоефективності для кожного мешканця.
2	Якість	Метод, що використовується при виконанні розрахунків є досить точним.
3	Термін виконання робіт	Досить швидкий розрахунок.

Аналіз сильних та слабких сторін проекту представлено у таблиці 4.12. Аналіз здійснено на основі аналізу таблиці 4.11.

Таблиця 4.12- Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін з конкурентом

№, п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг послуг у порівнянні з іншою компанією-конкурентом						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Новизна	6						V	
2	Точність та якість	5					V		
3	Термін виконання робіт	7		V					
4	Ціна	9	V						
5	Інформаційне забезпечення	5					V		

Заключним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (таблиця 4.13) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 4.12) [34].

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складено на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення [34].

Таблиця 4.13 SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - досягнення високого класу енергетичної ефективності; - високий попит на підвищення енергоефективності; - точність результатів аналізу; - інформаційне забезпечення; - швидкість виконання робіт; - кваліфікація розробників моделей. 	<ul style="list-style-type: none"> - існування різних методів визначення класу енергетичної ефективності; - невелика команда розробників моделей.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - підвищення точності; - вдосконалення моделей; - застосування нових методів; - лояльність цін. 	<ul style="list-style-type: none"> - наявність похибки; - патенти на продукти; - конкуренція, наявність товарів-замінників; - незацікавленість людей.

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (таблиця 4.11) [34].

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту представлено в таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Спільна робота з іншими житловими будівлями	Середня	1 рік

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Розробка ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 4.15) [34].

Таблиця 4.15 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти послуги	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Житлові будинки	Помірна	Високий	Висока	Середня
2	Адміністративні будівлі	Низька	Слабкий	Помірна	Середня
Обрано: житлові будинки					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обрано цільову групу, для якої пропонується надання послуг. Для роботи в обраному сегменті ринку сформовано базову стратегію розвитку (таблиця 4.16) [34].

Таблиця 4.16 - Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Стратегія спеціалізації	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Якість надання послуг, оперативність, точні розрахунки. Сучасне програмне забезпечення. Висококваліфікований персонал.	Концентрований маркетинг

Зробимо вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 4.17).

Таблиця 4.17 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідц ем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики послуги конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Компанія буде здійснювати пошук нових споживачів та створюватиме конкуренцію на ринку	Ні. Компанія обрала метод розрахунку і працює по ньому.	Якість послуг, висока точність результатів.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до стартап-компанії та до продукту (таблиця 4.6), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 4.16) та стратегії конкурентної поведінки (таблиця 4.17) розроблено стратегію позиціонування (таблиця 4.18) [34].

Таблиця 4.18 - Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до послуги цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто- спроможні позиції власного стартап- проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувану комплексну позицію власного проекту
1	Досягнення очікуваного результату	Покращення та реклама	Доступність, унікальність, комплексність.	Інтелектуальні; ефективний, результативний.

Ідея проекту полягає у створенні шаблону, який буде визначати клас енергетичної ефективності житлових будівель. Розрахунок класу енергоефективності виконується за алгоритмом, наведеним у п 1.1.1.

Основними користувачами даного шаблону є як ОСББ, ЖЕК, так і мешканці житлових будівель.

Висновки до розділу 4

Даний розділ містить стартап-проект, ідея якого полягає у створенні шаблону для визначення класу енергоефективності житлових будівель за методикою ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». Виконано аналіз ринкових можливостей запуску проекту, а також розроблено маркетингову програму. Під час аналізу потенційних техніко-економічних переваг ідеї проекту в порівнянні з конкурентами визначено сильні та слабкі характеристики проекту, що в подальшому визначають його конкурентоспроможність. Розроблено стратегії ринкового впровадження проекту.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано загальні відомості про енергетичну ефективність будівель, алгоритм складання енергопаспорту, методики, за якими визначають клас енергетичної ефективності будівлі. Представлено зразок енергетичного сертифікату та дані, які він містить. Розглянуто річні витрати теплоти на потреби споживачів: з чого вони складаються та як розраховуються. Визначено методи та шляхи забезпечення підвищення енергетичної ефективності житлової будівлі. Розкрито різні варіанти фінансування заходів з енергозбереження для житлово-комунального сектору для об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) та житлово-експлуатаційної контори (ЖЕК).
2. Описано проведення енергетичного аудиту на території житлового будинку міста Києва. Побудовано графіки споживання паливно-енергетичних ресурсів за останні 3 роки. Визначено тепловтрати через огорожувальні конструкції та побудовано тепловий та електричний баланси. За допомогою регресійного аналізу знайдені базові лінії споживання енергії. На основі отриманих результатів запропоновані заходи для підвищення енергетичної ефективності. Побудовано систему моніторингу витрат енергоносіїв для житлового будинку.
3. Розглянуто метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Було розраховано характеристики трансмісії, вентиляції, внутрішніх та сонячних теплонадходжень, визначено енергопотребу житлового будинку. За проведеними обчисленнями встановлено клас енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребною - B та за питомим енергоспоживанням - C .
4. Розділ 4 містить стартап-проект, ідея якого полягає у створенні шаблону для визначення класу енергоефективності житлових будівель за методикою ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». Виконано аналіз ринкових можливостей запуску проекту, а також розроблено маркетингову програму. Під час аналізу потенційних техніко-економічних переваг ідеї проекту в порівнянні з конкурентами визначено сильні та слабкі характеристики проекту, що в подальшому визначають його конкурентоспроможність. Розроблено стратегії ринкового впровадження проекту.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22 червня 2017 р. №2118-VIII // Відомості Верховної Ради України. – 2017, №33. – 359 с.
2. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-05-01]. Київ, 2017. - 11 с.
3. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції. [Чинний від 2008-07-01]. Київ, 2008. - 49 с. (Національний стандарт України).
4. ДСТУ Б EN 15217:2013. Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT). [Чинний від 2014-04-01]. Київ, 2014. - 44 с. (Національний стандарт України).
5. Праховник А.В., Дешко В.І., Шевченко О.М. Енергетична сертифікація будівель. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. – 2011. - 140-153 с.
6. Розрахунок теплової мережі мікрорайону міста [Текст]: метод. рек. до викон. розрахункової роботи для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» та спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Уклад.: О.І. Єщенко. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 66 с.
7. ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. [Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2016. - 50 с. (Національний стандарт України).
8. Енергетичний аудит: Навчальний посібник [Електронний ресурс] / Прокопенко В.В. – Київ. НТУУ «КПІ». – 2015. – 85 с. – Режим доступу: http://www.reee.org.ua/download/trainings/%D0%A2%D0%9C_4_%D0%90%D1%83%D0%B4%D0%B8%D1%82.pdf
9. Інвестиції в енергоефективність та відновлювану енергетику / А. Міцкан // Проект USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні». - 2014.
10. Деякі питання використання коштів у сфері енергоефективності та енергозбереження: постанова Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2011р.

№1056 // *Офіційний вісник України*. – 2011. – №51. – 202 с.

11. Про утворення державної установи «Фонд енергоефективності»: постанова Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2017 р. №1099 // *Офіційний вісник України*. – 2017.

12. Парубець О.М. Напрями вдосконалення механізму фінансування житлово-комунального господарства України [Електронний ресурс] / О.М. Парубець, Д.О. Сугоняко, Ю.В. Краснянська // *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. – 2017. – Вип. 3 (08). – Режим доступу: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/8_2017/57.pdf.

13. Каталог кредитних, грантових програм та програм міжнародної технічної допомоги в сфері енергоефективності // Проект USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні» [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу: https://aea.org.ua/wp-content/uploads/Catalog_of_grants_loans.pdf.

14. Салихов Т.П., Худаяров М.Б. Энергомониторинг как инструмент повышения энергоэффективности жилых и общественных зданий. *Энергосбережение и водоподготовка*. - 2015. №5(97). - 54-60 с.

15. Проект USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні» [Електронний ресурс]. - 2017. – Режим доступу: <https://decentralization.gov.ua/energoeffect/enerhomenedzhment>.

16. Бориченко О.В., Чернявський А.В. Визначення пріоритетності об'єктів для проведення енергетичного моніторингу. *Technology audit and production reserves*. - 2018. Том 3, №1(41). - 58-63 с.

17. Кычкин А.В. Долгосрочный энергомониторинг на базе программной платформы OpenJEVis. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления*. - 2014. №9. - 5-15 с.

18. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення. [Чинний від 2016-01-01]. Київ, 2016. - 40 с. (Національний стандарт України).
19. Енергозбереження в теплопостачанні: текст лекцій для студентів спеціальності «Теплоенергетика» [Електронний ресурс] / Уклад. М.Ф. Боженко. Вид. 2-е, перероб. і доп. – Київ : НТУУ «КП», ТЕФ, 2015. – 225 с.
20. Бориченко О.В., Чернявський А.В. Застосування головних компонент для оцінювання рівня енергоефективності. *Нові рішення в сучасних технологіях*. - 40-47 с.
21. Регресійний аналіз в задачах систем енергетичного менеджменту [Текст]: метод. вказівки до виконання курсової роботи для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Уклад.: Г.Г. Стрелкова. – К.: НТУУ «КП ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 35 с.
22. ДСТУ ISO 50001:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та керівництво з використання. [Чинний від 2018-08-21]. Київ, 2016. - 27 с. (Національний стандарт України).
23. Опис методології виконання енергетичного аудиту будівель [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу: <https://public.docs.openprocurement.org> › get
24. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. [Чинний від 2016-04-29]. Київ, 2016. - 51 с. (Національний стандарт України).
25. Розен В.П., Чернявський А.В. Энергетический мониторинг как составляющая часть системы энергетического менеджмента. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит : Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал. - 2017. - №1. - 2-8 с.

26. Контроль ефективності енерговикористання. Методи контролю ефективності енерговикористання [Електронний ресурс]: метод. вказівки до виконання розрахункової роботи для студ. усіх форм навчання напрямів підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»; 6.050601 «Теплоенергетика»; 7.05070103; 8.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання» / Уклад.: В.Ф. Находов, О.В. Бориченко. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 60 с.
27. ДСТУ Б.А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Чинний від 2016-01-01]. Київ, 2016. - 140 с. (Національний стандарт України).
28. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. - 51 с. (Національний стандарт України).
29. Методичні вказівки до розрахунку проектного теплового навантаження систем опалення будівель за EN 12831 у курсовому проекті з «Опалення» для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» за професійним спрямуванням «Теплогазопостачання і вентиляція» всіх форм навчання / С.Б.Проценко, О.С. Новицька. – Рівне: НУВГП, 2016. – 40 с.
30. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Чинний від 2016-01-01]. Київ, 2015. - 25 с. (Національний стандарт України).
31. ДСТУ Б EN 15316-2-1:2011 Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 2-1. Тепловіддача системою опалення. [Чинний від 2013-01-01]. Київ, 2013. - 64 с. (Національний стандарт України).
32. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: наказ М-ва регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11 липня 2018 р. №169.
33. Розроблення стартап-проекту: Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч.

посіб. для студ. спеціальностей 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» /О.А. Гавриш, К.О. Бояринова, К. О. Копішинська; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 188 с.

34. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 27 с.

35. Попович М.П. Підвищення енергетичної ефективності системи постачання стисненого повітря (на прикладі хімічного підприємства): дис. студента: 10.12.18 / Попович М. П. – К. - 2018. – 109 с.

Додаток А

Довідкові дані

Таблиця А.1 – Нормативна максимальна питома енергопотреба для житлових та громадських будівель EP_{max}

Ч.ч.	Призначення будівлі	Значення EP_{max} , кВт·год/м ² [кВт·год/м ³], для температурної зони України	
		I	II
1	2	3	4
1	Житлові будинки поверховістю:		
	від 1 до 3	120	110
	від 4 до 9	83	81
	від 10 до 16	77	75
	17 і більше	70	68
2	Громадські будівлі та споруди поверховістю:		
	від 1 до 3	$[20 \Lambda_{bci} + 31]$	$[19,4 \Lambda_{bci} + 33]$
	від 4 до 9	[38]	[40]
	від 10 до 24	[37]	[39]
	25 і більше	[34]	[36]
3	Підприємства торгівлі	$[28 \Lambda_{bci} + 17]$	$[32 \Lambda_{bci} + 18]$
4	Готелі		
	від 1 до 3	110	100
	від 4 до 9	75	70
	10 і більше	65	60
5	Будинки та споруди навчальних закладів[28]	[30]	
6	Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів	[48]	[50]
7	Заклади охорони здоров'я	[48]	[50]
Примітка. Λ_{bci} – коефіцієнт компактності будівлі, м ⁻¹ , знаходиться згідно з А.8.			

Таблиця А.2 – Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку за питоною енергопотребою	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питокої енергопотреби EP від максимально допустимого значення EP_{max} , $[(EP - EP_{vax})/EP_{max}] \cdot 100 \%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

Таблиця А.3 - Визначення класу енергоефективності будівель, відповідно до [4]

Клас А, якщо:	$EP < 0,5R_r$
Клас В, якщо:	$0,5R_r \leq EP < R_r$
Клас С, якщо:	$R_r \leq EP < 0,5(R_r + R_s)$
Клас D, якщо:	$0,5(R_r + R_s) \leq EP < R_s$
Клас Е, якщо:	$R_s \leq EP < 1,25R_s$
Клас F, якщо:	$1,25R_s \leq EP < 1,5R_s$
Клас G, якщо:	$1,5R_s \leq EP$

*Примітка: норма витрати енергії: R_r - відповідає вимогам сучасних норм для даного типу будівлі; R_s - відповідає середньостатистичному фактичному показнику даного типу будівлі.

Таблиця А.4 - Кліматологічні дані для обласних центрів України

Найменування міст	Розрахункова температура		Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{ср.оп}, ^\circ C$	Тривалість опалювального періоду $N_{оп}, \text{ дб}$
	Для опалення $t_{ро}, ^\circ C$	Для вентиляції $t_{рв}, ^\circ C$		
Вінниця	-21	-10	-1,1	189
Дніпропетровськ	-23	-9	-1,0	175
Донецьк	-25	-10,4	-1,8	183
Житомир	-22	-9,4	-0,8	192
Запоріжжя	-22	-8	-0,4	174
Івано-Франківськ	-20	-9	-0,1	184
Київ	-22	-10	-1,1	187
Кіровоград	-21	-9,2	-1,0	180
Луганськ	-25	-10,4	-1,6	180
Луцьк	-20	-8,5	-0,2	187
Львів	-19	-9	-0,2	191
Миколаїв	-20	-7	0,4	165
Одеса	-18	-6	1,0	165
Полтава	-23	-11	-1,9	187
Рівне	-21	-9	-0,5	191
Суми	-24	-12	-2,5	195
Тернопіль	-21	-9	-0,5	190
Харків	-23	-11	-2,1	189
Херсон	-19	-7	0,6	167
Хмельницький	-21	-9	-0,6	191
Черкаси	-22	-9	-1,0	189
Чернігів	-23	-10	-1,7	191
Чернівці	-20	-9	-0,2	179

Додаток Б
Фонди фінансування

Таблиця Б.1 – Фінансування проектів реформування ЖКГ України по лінії міжнародних фінансових організацій [12], [13].

Міжнародна фінансова організація	Назва проекту	Фінансові умови
Міжнародний банк реконструкції та розвитку	«Підвищення енергоефективності в секторі централізованого тепlopостачання України»	<ul style="list-style-type: none"> - Бюджет проекту становить 315,5 млн. дол. США, з них 265,5 млн. – гроші світового банку, 50 млн. – кошти Фонду чистих технологій; - кредити надаються на строк 15-20 років; - кредитна ставка становить в середньому 7,5%.
Північна екологічна фінансова корпорація (НЕФКО)	«Енергозбереження»	<ul style="list-style-type: none"> - Максимальний розмір позики: 3 млн. грн.; - відсоток за користування кредитом: в середньому 3%; - період повернення позики: до 5 років; - відстрочка погашення кредиту: 3-6 місяців; - критерії фінансування: період окупності до 4 років.
Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР)	IQ energy – Програма фінансування для вдосконалення енергоефективності в житловому секторі, згідно з європейськими стандартами	<ul style="list-style-type: none"> - Розмір позики: до 3 млн. дол. США; - відсоток за користування кредитом: в середньому 10%; - період повернення позики: до 5 років; - відстрочка погашення кредиту: до 12 місяців.

Продовження таблиці Б.1

Програма розвитку організації об'єднаних націй (ПРООН)	«Об'єднання співвласників будинків для впровадження сталих енергоефективних рішень» (HOUSES)	<ul style="list-style-type: none"> - Фінансова допомога по всій території України для підвищення енергоефективності житлового фонду та підвищенню обізнаності населення з питань енергоефективності та енергозбереження; - бюджет — 4 млн. євро; - термін виконання - Жовтень 2018 – Вересень 2020.
Міжнародна фінансова корпорація (IFC)	Програми кредитування в національній валюті	<ul style="list-style-type: none"> - Реалізується у сфері підвищення енергоефективності та створення об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ); - розмір позики: залежить від проекту; - відсоток за користування кредитом EURIBOR+%.
УКРЕКСІМБАНК	«Програма сприяння оптимізації енергоефективності»	<ul style="list-style-type: none"> - Авансовий внесок: від 30%; - період повернення грошей: до 5 років; - ставка за кредитом: від 19% річних.
ОЩАДБАНК	«Теплі» кредити	<ul style="list-style-type: none"> - Максимальна сума кредиту: 100% вартості проекту (але не більше 30 тис.грн. на одну квартиру); - період повернення грошей: до 5 років; - ставка за кредитом: 18% річних.
УКРГАЗБАНК	«Теплі» кредити	<ul style="list-style-type: none"> - Максимальна сума кредиту: до 10 млн грн.; - період повернення грошей: до 10 років; - ставка за кредитом: 23,5% річних до 1 року; 25% річних – більше 1 року; - разова комісія: 1% суми кредиту.

Додаток В

Споживання та тарифи енергетичних ресурсів

Таблиця В.1 - Споживання електроенергії за 2017-2019 рр.

Місяць	2017	2018	2019
	кВт·год	кВт·год	кВт·год
Січень	71776	75550	86750
Лютий	71110	74850	86030
Березень	72440	76250	86530
Квітень	72010	75800	87120
Травень	71020	74750	85920
Червень	71615	74070	85130
Липень	70475	73950	84500
Серпень	70365	74060	84780
Вересень	73840	75390	86460
Жовтень	75360	78350	87310
Листопад	78010	83040	87540
Грудень	78130	85450	87890
Всього за рік	876 150	921 510	1 035 960

Таблиця В.2 - Споживання природного газу за 2017-2019 рр.

Місяць	2017	2018	2019
	м ³	м ³	м ³
Січень	20355	23182	28270
Лютий	19563	21485	22616
Березень	20242	24426	24878
Квітень	0	0	0
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	0	0	0
Листопад	21485	25217	26009
Грудень	21825	27479	29627
Всього за рік	103 469	121 788	131 400

Таблиця В.3 – Річне споживання холодної води за 2017-2019 р.р.

Місяць	2017	2018	2019
	м ³	м ³	м ³
Січень	6150	7950	9020
Лютий	6530	8140	8460
Березень	6795	8510	8570
Квітень	6810	8525	8890
Травень	7105	8530	8710
Червень	6950	8545	8590
Липень	6990	8530	8940
Серпень	6860	8460	9870
Вересень	7330	8610	10450
Жовтень	7350	8635	10705
Листопад	7260	8745	9255
Грудень	7380	8890	9040
Всього за рік	83 510	102 070	110 500

Таблиця В.4 – Тариф на електричну енергію, природний газ та холодну воду за 2017-2019 р.р.

Місяць	2017			2018			2019		
	Ел. енергія, кВт·год	Прир.газ, м ³	Хол. вода, м ³	Ел. енергія, кВт·год	Прир.газ, м ³	Хол. вода, м ³	Ел. енергія, кВт·год	Прир.газ, м ³	Хол. вода, м ³
Січень	1,075	6,879	13,77	1,68	6,9579	15,492	1,68	8,54892	19,596
Лютий	1,075	6,879	13,77	1,68	6,9579	15,492	1,68	8,54892	21,756
Березень	1,68	6,879	13,77	1,68	6,9579	15,492	1,68	8,54892	21,756
Квітень	1,68	6,9579	13,77	1,68	6,9579	15,492	1,68	8,54892	21,756
Травень	1,68	6,9579	15,792	1,68	6,9579	15,492	1,68	7,81061	21,756
Червень	1,68	6,9579	15,792	1,68	6,9579	16,716	1,68	7,2742	21,756
Липень	1,68	6,9579	15,792	1,68	6,9579	16,716	1,68	6,47689	21,756
Серпень	1,68	6,9579	15,792	1,68	6,9579	16,716	1,68	6,16677	21,756
Вересень	1,68	6,9579	15,792	1,68	6,9579	16,716	1,68	5,97008	21,756
Жовтень	1,68	6,9579	15,792	1,68	6,9579	19,596	1,68	5,97008	21,756
Листопад	1,68	6,9579	15,792	1,68	8,54892	19,596	1,68	5,97008	21,756
Грудень	1,68	6,9579	15,492	1,68	8,54892	19,596	1,68	5,97008	21,756

Додаток Г

Електричний баланс житлової будівлі

Таблиця Г.1 – Електричний баланс житлової будівлі у 2017 році

Найменування електроспоживаючого обладнання	Встановлена потужність одиниці обладнання, кВт	Кількість одиниць обладнання, шт	Загальна встановлена потужність обладнання, кВт	K_b	Тривалість роботи, год/міс	Загальне електроспоживання, кВт·год
1	2	3	4	5	6	7
Освітлення						
Дугова ртутна лампа	0,07	8	0,56	1,2	3650	2452,8
Лампи люмінесцентні	0,018	100	1,8	1,15	8760	18133,2
Світлодіодні лампи	0,004	46	0,184	1	8760	1611,8
	0,009	472	4,248	1	8760	37212,5
	0,018	46	0,828	1	8760	7253,3
Всього	0,119	672	7,62			66663,6
Електроприлади						
Ліфт KONE	15	4	60	0,3	8760	157680
Насос котлового контуру Wilo Dpl 80/145-5.5/2	5,5	4	22	0,7	3600	55440
Насос Wilo (в насосній станції)	2	6	12	0,8	8760	84096
Насос Wilo (в ТП)	0,14	8	1,12	0,7	3600	2822,4
Вентилятор димовидалення	8	8	64	0,8	8760	448512
Всього	30,64	30	159,12			748550,4
Загальна кількість	30,76	702	166,74			815214

Таблиця Г.2 – Електричний баланс житлової будівлі у 2018 році

Найменування електроспоживачого обладнання	Встановлена потужність одиниці обладнання, кВт	Кількість одиниць обладнання, шт	Загальна встановлена потужність обладнання, кВт	K_B	Тривалість роботи, год/міс	Загальне електроспоживання, кВт·год
1	2	3	4	5	6	7
Освітлення						
Дугова ртутна лампа	0,07	8	0,56	1,2	3650	2452,8
Лампи люмінесцентні	0,018	100	1,8	1,15	8760	18133,2
Світлодіодні лампи	0,004	46	0,184	1	8760	1611,8
	0,009	472	4,248	1	8760	37212,5
	0,018	46	0,828	1	8760	7253,3
Всього	0,119	672	7,62			66663,6
Електроприлади						
Ліфт KONE	15	4	60	0,45	8760	236520
Насос котлового контуру Wilo Dpl 80/145-5.5/2	5,5	4	22	0,7	3600	55440
Насос Wilo (в насосній станції)	2	6	12	0,8	8760	84096
Насос Wilo (в ТП)	0,14	8	1,12	0,7	3600	2822,4
Вентилятор димовидалення	8	8	64	0,8	8760	448512
Всього	30,64	30	159,12			827390,4
Загальна кількість	30,76	702	166,74			894054

Таблиця Г.3 – Електричний баланс житлової будівлі у 2019 році

Найменування електроспоживаючого обладнання	Встановлена потужність одиниці обладнання, кВт	Кількість одиниць обладнання, шт	Загальна встановлена потужність обладнання, кВт	K_v	Тривалість роботи, год/міс	Загальне електроспоживання, кВт·год
1	2	3	4	5	6	7
Освітлення						
Дугова ртутна лампа	0,07	8	0,56	1,2	3650	2452,8
Лампи люмінесцентні	0,018	100	1,8	1,15	8760	18133,2
Світлодіодні лампи	0,004	46	0,184	1	8760	1611,8
	0,009	472	4,248	1	8760	37212,5
	0,018	46	0,828	1	8760	7253,3
Всього	0,119	672	7,62			66663,6
Електроприлади						
Ліфт KONE	15	4	60	0,6	8760	315360
Насос котлового контуру Wilo Dpl 80/145-5.5/2	5,5	4	22	0,7	3600	55440
Насос Wilo (в насосній станції)	2	6	12	0,8	8760	84096
Насос Wilo (в ТП)	0,14	8	1,12	0,7	3600	2822,4
Вентилятор димовидалення	8	8	64	0,8	8760	448512
Всього	30,64	30	159,12			906230,4
Загальна кількість	30,76	702	166,74			972894

Додаток Д

Таблиця Д.1 - Критичні значення для критерію Стьюдента

Число ступенів свободи k	Рівень значимості α					
	0,10	0,05	0,02	0,01	0,002	0,001
1	6,31	12,7	31,82	63,7	318,3	637
2	2,92	4,3	6,97	9,92	22,33	31,6
3	2,35	3,18	4,54	5,84	10,22	12,9
4	2,13	2,78	3,75	4,6	7,17	8,61
5	2,01	2,57	3,37	4,03	5,89	6,86
6	1,94	2,45	3,14	3,71	5,21	5,96
7	1,89	2,36	3	3,5	4,79	5,4
8	1,86	2,31	2,9	3,36	4,5	5,04
9	1,83	2,26	2,82	3,25	4,3	4,78
10	1,81	2,23	2,76	3,17	4,14	4,59
11	1,80	2,2	2,72	3,11	4,03	4,44
12	1,78	2,18	2,68	3,05	3,93	4,32
13	1,77	2,16	2,65	3,01	3,85	4,22
14	1,76	2,14	2,62	2,98	3,79	4,14
15	1,75	2,13	2,6	2,95	3,73	4,07
16	1,75	2,12	2,58	2,92	3,69	4,01
17	1,74	2,11	2,57	2,9	3,65	3,96
18	1,73	2,10	2,55	2,88	3,61	3,92
19	1,73	2,09	2,54	2,86	3,58	3,88
20	1,73	2,09	2,53	2,85	3,55	3,85
21	1,72	2,08	2,52	2,83	3,53	3,82
22	1,72	2,07	2,51	2,82	3,51	3,79
23	1,71	2,07	2,50	2,81	3,49	3,77

Додаток Е

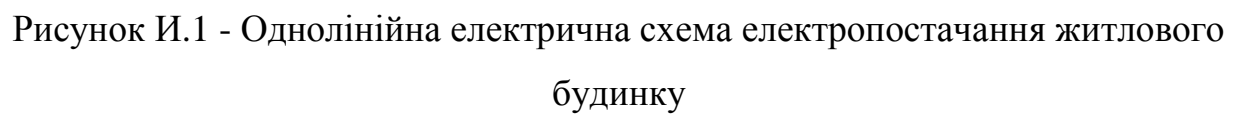
Таблиця Е.1 - Друга ітерація з впливовим фактором X_1 , X_3 , X_4

Місяць	Загальне споживання електричної енергії, кВт·год	Середньомісячна температура, °C	Тривалість світлового дня, с	Кількість мешканців, чол.
2018	Y	X_1	X_3	X_4
1	315711,6	-2,4	260	694,4
2	297438,8	-3,8	262	666,4
3	329298,3	-1,9	275	678,9
4	75800	13,1	280	103,5
5	74750	18,8	298	0,0
6	74070	20,6	300	0,0
7	73950	21,4	305	0,0
8	74060	22,5	312	0,0
9	75390	17,3	320	0,0
10	78350	10,7	360	139,5
11	344289	0,3	380	591,0
12	370129,4	-2,2	380	688,2

Вывод итогов									
Регрессионная статистика									
Множественный R	0,993711593								
R-квадрат	0,987462729								
Нормированный R-квадрат	0,982761252								
Стандартная ошибка	17458,73322								
Наблюдения	12								
Дисперсионный анализ									
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>начисность F</i>				
Регрессия	3	1,92058E+11	64019443014	210,0324672	6,0496E-08				
Остаток	8	2438458925	304807365,7						
Итого	11	1,94497E+11							
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>	
Y-пересечение	-202683,8444	64179,97775	-3,15805414	0,013434316	-350683,14	-54684,55047	-350683,1384	-54684,55047	
X1	7655,287396	2498,051655	3,064503242	0,015476451	1894,76995	13415,80484	1894,769955	13415,80484	
X3	388,4419961	125,1226631	3,104489519	0,014566442	99,9086178	676,9753743	99,90861784	676,9753743	
X4	642,9188988	81,69964902	7,869298174	4,91562E-05	454,51917	831,3186271	454,5191705	831,3186271	

Рисунок Е.1 – Результати розрахунку після другої ітерації





Додаток К

Таблиця К.1 – Планування грошових потоків енергозберігаючого проекту по утепленню підлоги

Час життя	Капітальні затрати, грн./рік	Експлуатаційні витрати, грн./рік	Економія, грн.	Грошовий потік CF , грн.	Кумулятивний потік CF , грн.	Коефіцієнт дисконту, K_i	Дисконтований CF , грн.	Кумулятивний CF , грн.
0	-670000	0	0	-670000	-670000	1	-670000	-670000
1	0	0	223289,8	223289,8	-446710	0,85	189228,6	-480771,4
2	0	0	223289,8	223289,8	-223420	0,72	160363,3	-320408,1
3	0	0	223289,8	223289,8	-130,6	0,61	135901,1	-184507,0
4	0	0	223289,8	223289,8	223159,2	0,52	115170,4	-69336,6
5	0	0	223289,8	223289,8	446449	0,44	97602,0	28265,4
6	0	0	223289,8	223289,8	669738,8	0,37	82713,6	110979,0
7	0	0	223289,8	223289,8	893028,6	0,31	70096,3	181075,2
8	0	0	223289,8	223289,8	1116318	0,27	59403,6	240478,8
9	0	0	223289,8	223289,8	1339608	0,23	50342,0	290820,9
10	0	0	223289,8	223289,8	1562898	0,19	42662,7	333483,6
11	0	0	223289,8	223289,8	1786188	0,16	36154,9	369638,5
12	0	0	223289,8	223289,8	2009478	0,14	30639,7	400278,2
13	0	0	223289,8	223289,8	2232767	0,12	25965,9	426244,1
14	0	0	223289,8	223289,8	2456057	0,10	22005,0	448249,1
15	0	0	223289,8	223289,8	2679347	0,08	18648,3	466897,3

Таблиця К.2 – Визначення внутрішньої норми рентабельності енергозберігаючого проекту по утепленню підлоги

Час життя	Грошовий потік CF , грн.	Коефіцієнт дисконту, K_i	Дисконтований CF , грн.
0	-670 000	1	-670 000
1	223 289,8	0,746	166634,2
2	223 289,8	0,557	124353,9
3	223 289,8	0,416	92801,4
4	223 289,8	0,310	69254,8
5	223 289,8	0,231	51682,7
6	223 289,8	0,173	38569,2
7	223 289,8	0,129	28782,9
8	223 289,8	0,096	21479,8
9	223 289,8	0,072	16029,7
10	223 289,8	0,054	11962,5
11	223 289,8	0,040	8927,2
12	223 289,8	0,030	6662,1
13	223 289,8	0,022	4971,7
14	223 289,8	0,017	3710,2
15	223 289,8	0,012	2768,8

-21 409

Чиста приведена вартість	466897,3 грн.
Внутрішня норма рентабельності	33,3%
Простий термін окупності	3 роки
Дисконтований термін окупності	4 роки 9 місяців

Таблиця К.3 - Планування грошових потоків енергозберігаючого проекту по заміні металевих дверей на металопластикові

Час життя	Капітальні затрати, грн./рік	Експлуатаційні витрати, грн./рік	Економія, грн.	Грошовий потік CF , грн.	Кумулятивний потік CF , грн.	Коефіцієнт дисконту, K_i	Дисконтований CF , грн.	Кумулятивний CF , грн.
0	-340000	0	0	-340000	-340000	1	-340000	-340000
1	0	0	125158,2	125158,2	-214841,8	0,85	106066,3	-233933,7
2	0	0	125158,2	125158,2	-89683,6	0,72	89886,7	-144047,1
3	0	0	125158,2	125158,2	35474,6	0,61	76175,1	-67871,9
4	0	0	125158,2	125158,2	160632,8	0,52	64555,2	-3316,7
5	0	0	125158,2	125158,2	285791	0,44	54707,8	51391,1
6	0	0	125158,2	125158,2	410949,2	0,37	46362,5	97753,6
7	0	0	125158,2	125158,2	536107,4	0,31	39290,3	137043,9
8	0	0	125158,2	125158,2	661265,6	0,27	33296,9	170340,8
9	0	0	125158,2	125158,2	786423,8	0,23	28217,7	198558,5
10	0	0	125158,2	125158,2	911582	0,19	23913,3	222471,8
11	0	0	125158,2	125158,2	1036740,2	0,16	20265,5	242737,2
12	0	0	125158,2	125158,2	1161898,4	0,14	17174,1	259911,4
13	0	0	125158,2	125158,2	1287056,6	0,12	14554,4	274465,8
14	0	0	125158,2	125158,2	1412214,8	0,10	12334,2	286800,0
15	0	0	125158,2	125158,2	1537373	0,08	10452,7	297252,7

Таблиця К.4 - Визначення внутрішньої норми рентабельності енергозберігаючого проекту по заміні металевих дверей на металопластикові

Час життя	Грошовий потік CF , грн.	Коефіцієнт дисконту, K_i	Дисконтований CF , грн.
0	-340 000	1	-340 000
1	125 158,2	0,730	91356,4
2	125 158,2	0,533	66683,5
3	125 158,2	0,389	48674,1
4	125 158,2	0,284	35528,5
5	125 158,2	0,207	25933,2
6	125 158,2	0,151	18929,4
7	125 158,2	0,110	13817,1
8	125 158,2	0,081	10085,4
9	125 158,2	0,059	7361,6
10	125 158,2	0,043	5373,5
11	125 158,2	0,031	3922,2
12	125 158,2	0,023	2862,9
13	125 158,2	0,017	2089,7
14	125 158,2	0,012	1525,4
15	125 158,2	0,009	1113,4

-4 744

Чиста приведена вартість	297252,7 грн.
Внутрішня норма рентабельності	36,7%
Простий термін окупності	2 роки 9 місяців
Дисконтований термін окупності	4 роки 1 місяць

Таблиця К.5 - Планування грошових потоків енергозберігаючого проекту по заміні віконних конструкцій

Час життя	Капітальні затрати, грн./рік	Експлуатаційні витрати, грн./рік	Економія, грн.	Грошовий потік CF , грн.	Кумулятивний потік CF , грн.	Коефіцієнт дисконту, K_i	Дисконтований CF , грн.	Кумулятивний CF , грн.
0	-4014000	0	0	-4014000	-4014000	1	-4014000	-4014000
1	0	0	112460,3	112460,3	-3901539,7	0,85	95305,3	-3918694,7
2	0	0	112460,3	112460,3	-3789079,4	0,72	80767,2	-3837927,4
3	0	0	112460,3	112460,3	-3676619,1	0,61	68446,8	-3769480,6
4	0	0	112460,3	112460,3	-3564158,8	0,52	58005,8	-3711474,8
5	0	0	112460,3	112460,3	-3451698,5	0,44	49157,4	-3662317,4
6	0	0	112460,3	112460,3	-3339238,2	0,37	41658,8	-3620658,6
7	0	0	112460,3	112460,3	-3226777,9	0,31	35304,1	-3585354,5
8	0	0	112460,3	112460,3	-3114317,6	0,27	29918,7	-3555435,7
9	0	0	112460,3	112460,3	-3001857,3	0,23	25354,9	-3530080,9
10	0	0	112460,3	112460,3	-2889397	0,19	21487,2	-3508593,7
11	0	0	112460,3	112460,3	-2776936,7	0,16	18209,5	-3490384,2
12	0	0	112460,3	112460,3	-2664476,4	0,14	15431,7	-3474952,5
13	0	0	112460,3	112460,3	-2552016,1	0,12	13077,8	-3461874,7
14	0	0	112460,3	112460,3	-2439555,8	0,10	11082,8	-3450791,9
15	0	0	112460,3	112460,3	-2327095,5	0,08	9392,2	-3441399,7

Таблиця К.6 - Визначення внутрішньої норми рентабельності енергозберігаючого проекту по заміні віконних конструкцій

Час життя	Грошовий потік CF , грн.	Коефіцієнт дисконту, K_i	Дисконтований CF , грн.
0	-4 014 000	1	-4 014 000
1	112 460,3	0,999	112348,0
2	112 460,3	0,998	112235,7
3	112 460,3	0,997	112123,6
4	112 460,3	0,996	112011,6
5	112 460,3	0,995	111899,7
6	112 460,3	0,994	111787,9
7	112 460,3	0,993	111676,2
8	112 460,3	0,992	111564,7
9	112 460,3	0,991	111453,2
10	112 460,3	0,990	111341,9
11	112 460,3	0,989	111230,6
12	112 460,3	0,988	111119,5
13	112 460,3	0,987	111008,5
14	112 460,3	0,986	110897,6
15	112 460,3	0,985	110786,8

-2 340 515

Чиста приведена вартість	-3441399,7 грн.
Внутрішня норма рентабельності	-
Простий термін окупності	-
Дисконтований термін окупності	-

Таблиця К.7 - Планування грошових потоків енергозберігаючого проекту по утепленню зовнішніх стін

Час життя	Капітальні затрати, грн./рік	Експлуатаційні витрати, грн./рік	Економія, грн.	Грошовий потік CF , грн.	Кумулятивний потік CF , грн.	Коефіцієнт дисконту, K_i	Дисконтований CF , грн.	Кумулятивний CF , грн.
0	-4206700	0	0	-4206700	-4206700	1	-4206700	-4206700
1	0	0	148685,8	148685,8	-4058014,2	0,85	126004,9	-4080695,1
2	0	0	148685,8	148685,8	-3909328,4	0,72	106783,8	-3973911,3
3	0	0	148685,8	148685,8	-3760642,6	0,61	90494,8	-3883416,5
4	0	0	148685,8	148685,8	-3611956,8	0,52	76690,5	-3806726,0
5	0	0	148685,8	148685,8	-3463271	0,44	64991,9	-3741734,1
6	0	0	148685,8	148685,8	-3314585,2	0,37	55077,9	-3686656,2
7	0	0	148685,8	148685,8	-3165899,4	0,31	46676,2	-3639980,0
8	0	0	148685,8	148685,8	-3017213,6	0,27	39556,1	-3600423,9
9	0	0	148685,8	148685,8	-2868527,8	0,23	33522,1	-3566901,8
10	0	0	148685,8	148685,8	-2719842	0,19	28408,6	-3538493,2
11	0	0	148685,8	148685,8	-2571156,2	0,16	24075,1	-3514418,1
12	0	0	148685,8	148685,8	-2422470,4	0,14	20402,6	-3494015,5
13	0	0	148685,8	148685,8	-2273784,6	0,12	17290,3	-3476725,2
14	0	0	148685,8	148685,8	-2125098,8	0,10	14652,8	-3462072,4
15	0	0	148685,8	148685,8	-1976413	0,08	12417,6	-3449654,7

Таблиця К.8 - Визначення внутрішньої норми рентабельності енергозберігаючого проекту по утепленню зовнішніх стін

Час життя	Грошовий потік CF , грн.	Коефіцієнт дисконту, K_i	Дисконтований CF , грн.
0	-4 206 700	1	-4 206 700
1	148 685,8	0,999	148537,3
2	148 685,8	0,998	148388,9
3	148 685,8	0,997	148240,6
4	148 685,8	0,996	148092,5
5	148 685,8	0,995	147944,6
6	148 685,8	0,994	147796,8
7	148 685,8	0,993	147649,2
8	148 685,8	0,992	147501,6
9	148 685,8	0,991	147354,3
10	148 685,8	0,990	147207,1
11	148 685,8	0,989	147060,0
12	148 685,8	0,988	146913,1
13	148 685,8	0,987	146766,3
14	148 685,8	0,986	146619,7
15	148 685,8	0,985	146473,3

-1 994 155

Чиста приведена вартість	-3449654,7 грн.
Внутрішня норма рентабельності	-
Простий термін окупності	-
Дисконтований термін окупності	-

Таблиця К.9 - Планування грошових потоків енергозберігаючого проекту з модернізації системи освітлення

Час життя	Капітальні затрати, грн./рік	Експлуатаційні витрати, грн./рік	Економія, грн.	Грошовий потік CF , грн.	Кумулятивний потік CF , грн.	Коефіцієнт дисконту, K_i	Дисконтований CF , грн.	Кумулятивний CF , грн.
0	-22000	0	0	-22000	-22000	1	-22000	-22000
1	0	0	21339,4	21339,4	-660,6	0,85	18084,2	-3915,8
2	0	0	21339,4	21339,4	20678,8	0,72	15325,6	11409,9
3	0	0	21339,4	21339,4	42018,2	0,61	12987,8	24397,7

24397,7

Таблиця К.10 - Визначення внутрішньої норми рентабельності енергозберігаючого проекту з модернізації системи освітлення

Час життя	Грошовий потік CF , грн.	Коефіцієнт дисконту, K_i	Дисконтований CF , грн.
0	-22 000	1	-22 000
1	21 339,4	0,552	11789,7
2	21 339,4	0,305	6513,7
3	21 339,4	0,169	3598,7

Чиста приведена вартість	24397,7
Внутрішня норма рентабельності	80,75%
Простий термін окупності	1 рік 2 місяці
Дисконтований термін окупності	1 рік 5 місяців

Додаток Л

ВЫВОД ИТОГОВ								
<i>Регрессионная статистика</i>								
Множественный R	0,99339522							
R-квадрат	0,986834064							
Нормированный R-квадрат	0,979310672							
Стандартная ошибка	20402,68229							
Наблюдения	12							
Дисперсионный анализ								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>			
Регрессия	4	2,18406E+11	54601550617	131,168769	1,16634E-06			
Остаток	7	2913886112	416269444,6					
Итого	11	2,2132E+11						
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-189428,2771	238490,0218	-0,794281772	0,45311298	-753367,5663	374511,0121	-753367,5663	374511,0121
X1	9323,741759	3982,53065	2,341160076	0,05175651	-93,44679643	18740,93031	-93,44679643	18740,93031
X2	-0,975198417	1,966685527	-0,495858846	0,63518133	-5,625670707	3,675273873	-5,625670707	3,675273873
X3	158,8484179	221,7567204	0,716318394	0,49699049	-365,522901	683,2197367	-365,522901	683,2197367
X4	702,5370669	99,14290306	7,086105462	0,00019604	468,101354	936,9727798	468,101354	936,9727798

Рисунок Л.1 - Проміжний результат регресійного аналізу

Загальне рівняння множинно-лінійної регресії:

$$\hat{y} = -189428,2771 + 9323,741759 \cdot x_1 - 0,975198417 \cdot x_2 + 158,8484179 \cdot x_3 + 702,5370669 \cdot x_4$$

ВЫВОД ИТОГОВ								
Регрессионная статистика								
Множественный R	0,995079118							
R-квадрат	0,990182451							
Нормированный R-квадрат	0,986500871							
Стандартная ошибка	16480,36985							
Наблюдения	12							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	3	2,19147E+11	73049089286	268,9557901	2,2772E-08			
Остаток	8	2172820723	271602590,4					
Итого	11	2,2132E+11						
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	-373405,897	109505,545	-3,409926839	0,009224138	-625926,1365	-120885,658	-625926,1365	-120885,6575
X1	9335,779242	2356,525889	3,961670562	0,004167267	3901,620802	14769,93768	3901,620802	14769,93768
X3	310,0798479	116,3918944	2,664101736	0,028622825	41,67965838	578,4800375	41,67965838	578,4800375
X4	731,8496935	78,06194276	9,375243143	1,37108E-05	551,8385309	911,8608562	551,8385309	911,8608562

Рисунок Л.2 - Кінцевий результат регресійного аналізу

Загальне рівняння множинно-лінійної регресії після другої ітерації:

$$\hat{y} = -3733405,897 + 9335,779242 \cdot x_1 + 310,0798479 \cdot x_3 + 731,8496935 \cdot x_4$$

Додаток М

Таблиця М.1 - Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і сонячних теплонадходжень

Місяць року	Параметр								
	Θ_e , °C	t , год	I_{sol} , Пн, Вт/м ²	I_{sol} , Сх, Вт/м ²	I_{sol} , Пд, Вт/м ²	I_{sol} , Зх, Вт/м ²	I_{sol} , гориз., Вт/м ²	Q_{sol} , кВт·год	Q_{int} , кВт·год
Січень	-4,7	744	13	21	50	22	32	23088	167885
Лютий	-3,6	672	24	36	70	38	59	35426	151638
Березень	1,0	744	35	58	90	61	101	59803	167885
Квітень	9,0	720	39	77	92	73	149	68693	162469
Травень	15,2	744	56	104	101	99	211	93169	167885
Червень	18,3	720	67	111	96	105	228	95370	162469
Липень	19,8	744	61	108	98	104	220	96433	167885
Серпень	19,0	744	40	93	106	89	185	84221	167885
Вересень	13,9	720	29	70	102	66	130	64358	162469
Жовтень	8,1	744	19	38	75	37	71	39619	167885
Листопад	1,9	720	11	17	39	17	31	17068	162469
Грудень	-2,5	744	9	14	35	15	22	14950	167885

Додаток Н

Таблиця Н.1 - Елементи сонячних теплонадходжень

Місяць року	Параметр																	
	$A_{sol} \cdot F_{sh}, m^2$				A_{sol}, m^2					$A_{sol} \cdot F_{sh} \cdot I_{sol}, Вт$			$\Phi_f \cdot F_f, Вт$			$\Phi_{sol}, Вт$		
	Пн вікно	Сх вікно	Пд вікно	Зх вікно	Пн фасад	Сх фасад	Пд фасад	Зх фасад	Дах	вікно	фасад	дах	вікно	фасад	дах	вікно	фасад+дах	загальні
Січень	248	384	248	384	27	31,92	26,30	32,42	10,0	32150	3047	320	4134	3737	549	30083	949	31032
Лютий	248	384	248	384	27	31,92	26,30	32,42	10,0	51748	4865	589				49681	3037	52718
Березень	248	384	248	384	27	31,92	26,30	32,42	10,0	76722	7134	1009				74655	5725	80380
Квітень	248	384	248	384	27	31,92	26,30	32,42	10,0	90114	8290	1488				88047	7360	95407
Травень	248	384	248	384	27	31,92	26,30	32,42	10,0	116918	10687	2107				114851	10376	125227
Червень	236	380	211	280	27	31,92	26,30	32,42	10,0	123399	11268	2277				121332	11127	132459
Липень	238	369	196	280	27	31,92	26,30	32,42	10,0	120870	11032	2197				118803	10811	129614
Серпень	243	365	199	273	27	31,92	26,30	32,42	10,0	106124	9714	1847				104057	9144	113201
Вересень	248	384	248	384	27	31,92	26,30	32,42	10,0	84739	7834	1298				82672	6715	89387
Жовтень	248	384	248	384	27	31,92	26,30	32,42	10,0	52132	4894	709				50065	3186	53251
Листопад	248	384	248	384	27	31,92	26,30	32,42	10,0	25467	2414	310				23400	306	23706
Грудень	248	384	248	384	27	31,92	26,30	32,42	10,0	22058	2095	220				19991	103	20094
Всього за рік																		946477

Додаток П

Таблиця П.1 - Розрахунок енергоспоживання при опаленні

Місяць року	Параметр					
	$Q_{H,nd}$, кВт·год	$Q_{H,em,ls}$, кВт·год	$Q_{H,em,in} = Q_{H,dis,out}$, кВт·год	$Q_{H,dis,in} = Q_{H,gen,out}$, кВт·год	$Q_{H,gen,ls}$, кВт·год	$Q_{H,use}$, кВт·год
Січень	299227	45817	310540	337408	106550	443958
Лютий	236034	36141	244957	266290	84092	350382
Березень	150450	23037	156138	170449	53826	224275
Квітень	14091	2158	14624	17948	5668	23615
Травень	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0
Жовтень	39919	6112	41428	47123	14881	62003
Листопад	168332	25775	174696	190152	60048	250199
Грудень	263719	40380	273689	297447	93931	391378
Всього за рік						1745809

Таблиця П.2 - Значення енергетичних потоків в підсистемі розподілення

Місяць року	Параметр						
	$Q_{H,dis,out}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls,nrbl}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls,rbl}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls,rvd}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls,nrvd}$ кВт·год	$Q_{H,dis,in}$ кВт·год
Січень	310540	260666	850	259816	233798	26868	337408
Лютий	244957	205705	759	204946	184372	21333	266290
Березень	156138	131322	688	130635	117011	14311	170449
Квітень	14624	12716	481	12235	9392	3324	17948
Травень	0	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0	0
Жовтень	41428	35196	535	34661	29501	5695	47123
Листопад	174696	146808	647	146161	131352	15456	190152
Грудень	273689	229797	812	228985	206038	23758	297447

Додаток Р

Таблиця Р.1 - Енергоспоживання будівлі

Вид	Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	тис. кВт·год	(кВт·год)/м ²
Енергоспоживання систем опалення	1745,81	44,8
Енергоспоживання систем вентиляції	142,21	3,7
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	1638,08	42,1
Енергоспоживання систем охолодження	0,00	0,0
Енергоспоживання систем освітлення	853,00	21,9
УСЬОГО:	4379,10	112,5

Таблиця Р.2 - Показники енергетичної ефективності

Назва показника	Існуюче значення (кВт·год)/м ² за рік
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання	50,1
Питоме енергоспоживання при опаленні	30,1
Питоме енергоспоживання при охолодженні	0,0
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні	20,0
Питоме енергоспоживання при вентиляції	3,7
Питоме енергоспоживання при освітленні	21,9

Додаток С

Енергетичний паспорт житлової будівлі за енергопотребою

Загальна інформація	
Дата заповнення (рік, місяць, число)	01.09.2019
Адреса будинку	м. Київ, вул. Гарматна 37-А
Розробник проекту	
Адреса і телефон розробника	м. Київ, вул. Борщагівська 115, корпус №22
Шифр проекту будинку	
Рік будівництва	2016 р.

Розрахункові параметри			
Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця вимірювання	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря	t_{θ}	°C	20
Розрахункова температура зовнішнього повітря	t_z	°C	-22
Розрахункова температура теплого горища	$t_{\theta z}$	°C	-
Розрахункова температура техпідпілля	t_{ψ}	°C	15
Тривалість опалювального періоду	Z_{on}	доба	176
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{on z}$	°C	-0,1
Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду	D_d	°C·доба	3537,6

Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку	
Призначення	Житловий будинок
Розміщення в забудові	Окремо розташований
Типовий проект, індивідуальний	Індивідуальний проект двох 24-поверхових житлових будинків на 320 квартир загалом
Конструктивне рішення	Монолітний залізобетонний каркас з газобетонним заповненням

Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники				
Показник	Позначення і розмірність	Нормативне значення	Розрахункове (проектне) значення	Фактичне значення
Геометричні показники				
Площа зовнішніх огорожувальних конструкцій: -стін -вікон і балконних дверей -вітражів -ліхтарів -вхідних дверей та воріт -покриттів (суміщених) -горищних перекриттів (холодного горища) -перекриттів теплих горищ -перекриттів над техпідпіллями -перекриттів над неопалюваними підвалами і підпіллями -перекриттів над проїздами і під еркерами -підлоги по ґрунту	$F_{\text{нп}}, \text{м}^3$	—	12388	12388
	$F_{\text{сп в}}, \text{м}^2$	—	2676	2676
	$F_{\text{сп вт}}, \text{м}^2$	—	—	—
	$F_{\text{сп л}}, \text{м}^2$	—	—	—
	$F_{\text{д}}, \text{м}^2$	—	284	284
	$F_{\text{пк}}, \text{м}^2$	—	—	-
	$F_{\text{пк хг}}, \text{м}^2$	—	1190	1190
	$F_{\text{пк тг}}, \text{м}^2$	—	—	—
	$F_{\text{ц1}}, \text{м}^2$	—	—	—
	$F_{\text{ц2}}, \text{м}^2$	—	—	—
	$F_{\text{ц3}}, \text{м}^2$	—	—	—
	$F_{\text{ц}}, \text{м}^2$	—	1418,4	1418,4
	$F_{\text{h}}, \text{м}^2$	—	38905,4	38905,4
Площа опалюваних приміщень	$F_{\text{лк}}, \text{м}^2$	—	—	—
Корисна площа (для громадських будинків)	$F_{\text{лж}}, \text{м}^2$	—	10257,9	10257,9
Площа квартир житлового будинку	$F_{\text{лр}}, \text{м}^2$	—	—	—
Розрахункова площа (для громадських будинків)	$V_{\text{h}}, \text{м}^2$	—	108935,12	108935,12
Опалювальний об'єм				

Технічні показники				
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожень:	$m^2 \cdot K/Bt$			
-стін -вікон і балконних дверей -вітражів -ліхтарів -вхідних дверей та воріт -покриттів (суміщених) -горищних перекриттів (холодного горища) -перекриттів теплих горищ (включаючи покриття) -перекриттів над техпідпіллями -перекриттів над неопалюваними підвалами або підпіллями -перекриттів над проїздами й під еркерами -підлоги по ґрунту	$R_{\Sigma пр нп}$	3,3	5,04	3,18
	$R_{\Sigma пр сп в}$	0,75	0,83	0,62
	$R_{\Sigma пр сп вт}$	—	—	—
	$R_{\Sigma пр сп л}$	—	—	—
	$R_{\Sigma пр д}$	0,6	0,7	0,45
	$R_{\Sigma пр пк}$	—	—	—
	$R_{\Sigma пр пк хг}$	4,95	5,03	1,81
	$R_{\Sigma пр пк тг}$	—	—	—
	$R_{\Sigma пр ц1}$	—	—	—
	$R_{\Sigma пр ц2}$	—	—	—
	$R_{\Sigma пр ц3}$	—	—	—
	$R_{\Sigma пр ц}$	3,75	3,89	0,56
Енергетичні показники				
Сумарні тепловтрати	$Q, кВт$		283,5	509,9
Розрахункові питомі тепловтрати	$q_{буд}, кВт \cdot год/м^2,$		31,5	56,6
Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку	$q_{буд}, кВт \cdot год/м^2$		70	70
Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат $q_{буд}$ від максимально допустимого значення E_{max}			-55,0	-19,1
Клас енергетичної ефективності			A	B
Відповідність проекту будинку нормативним вимогам			Так	
Необхідність допрацювання проекту будинку			Ні	

Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку

Проект відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016 щодо теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будинку і порядку їх розрахунків, що забезпечує:

- раціональне використання енергетичних ресурсів на обігрів квартир будинку;
- нормативні показники санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень;
- довговічність огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинку.

Паспорт заповнений:

Організація

НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського"

Адреса і телефон

м.Київ, вул Борщагівська 115, корпус №22

Відповідальний виконавець

Панадій Єлизавета Сергіївна

Фактичні значення

Індекс енергоефективності	Питомі тепловтрати	Клас енергетичної ефективності
A		
B	56,6	B
C		
D		
E		
F		
G		

Розрахункове (проектне) значення

Індекс енергоефективності	Питомі тепловтрати	Клас енергетичної ефективності
A	31,5	A
B		
C		
D		
E		
F		
G		

Додаток Т

Енергетичний сертифікат житлової будівлі за енергоспоживанням

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІАдреса (місцезнаходження)
будівлі:

Київська обл., м. Київ, вул. Гарматна 37-А

Функціональне призначення та
назва:

житлова будівля, ОСББ "Гарматна-Західна"

Відомості про конструкцію будівлі:

опалювана площа, м²:

38905,4

опалюваний об'єм, м³:

108935,12

кількість поверхів:

24

рік прийняття в
експлуатацію:

2016

Шкала класів енергетичної ефективності

Клас енергетичної
ефективності

Високий рівень енергоефективності



Низький рівень енергоефективності

Питоме споживання енергії на опалення, гаряче
водопостачання, охолодження будівлі, кВт х год/м²

86,9

Питоме споживання первинної енергії, кВт х год/м² за рік: